

Joel Kärkkäinen

Jakelukeskeytyksettömät menetelmät sähköverkon töissä

Sähkötekniikan korkeakoulu

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 30.11.2012.

Työn valvoja:

Prof. Matti Lehtonen

Työn ohjaajat:

DI Pertti Lindberg

DI Tuomas Maasalo



Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

Tekijä: Joel Kärkkäinen

Työn nimi: Jakelukeskeytyksettömät menetelmät sähköverkon töissä

Päivämäärä: 30.11.2012

Kieli: Suomi

Sivumäärä: 8+105

Sähkötekniikan laitos

Professuuri: Sähköverkot ja suurjännitetekniikka

Koodi: S-18

Valvoja: Prof. Matti Lehtonen

Ohjaajat: DI Pertti Lindberg

DI Tuomas Maasalo

Tässä työssä selvitettiin jakeluverkon rakennus-, huolto- ja kunnossapitotöissä käytettävien jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien nykytilaa ja kipupisteitä. Työmenetelmistä käytettiin työssä nimitystä KAT-menetelmät. KAT-menetelmiin lukeutuvat jännitetyö ja korvaavan syötön menetelmät.

Työn tavoitteina oli selvittää jakelukeskeytyksettömän työn tekemisen tekniset ja taloudelliset reunaehdot. Työssä selvitettiin keskeytyksettömien työmenetelmien taloudellisia vaikutuksia sekä verkonhaltijoille että verkostourakoitsijoille. Tarkastelussa huomioitiin regulaation vaikutus.

Työtä varten haastateltiin mm. verkko- ja palveluyhtiöiden edustajia Suomessa. Menetelmien käyttöä selvitettiin myös kansainvälisesti muissa Pohjoismaissa ja muutamassa Keski-Euroopan maassa. Työssä tehtiin laskennallinen tarkastelu menetelmien kannattavuudesta.

Suurimpana esteenä menetelmien käytölle havaittiin asenteet ja tietoisuuden puute. Työssä havaittiin tarve laajemmalle yhteistyölle verkko- ja palveluyhtiöiden välillä menetelmien käytön tehostamiseksi. Taloudellinen tarkastelu osoitti, että KAT-menetelmillä voidaan saavuttaa taloudellista hyötyä keskeytyskustannusten jäädessä pois.

Avainsanat: KAT-menetelmät, jännitetyö, jakeluverkko, suunniteltu keskeytys

Author: Joel Kärkkäinen

Title: Live Working Methods in Distribution Network

Date: : 30.11.2012

Language: Finnish

Number of pages: 8+105

Department of Electrical Engineering

Professorship: Power Systems and High Voltage Engineering

Code: S-18

Supervisor: Matti Lehtonen Dr.Sc.(Tech.)

Instructors: Pertti Lindberg M.Sc.(Tech.)

Tuomas Maasalo M.Sc.(Tech.)

The purpose of this study was to examine the current state of live working methods in the Finnish distribution network and to identify the conditions, under which live working methods are economically and technologically feasible.

Live working methods are used in distribution network building and maintenance work to avoid causing outages to customers.

For the study, interviews with Finnish network operators and service providers were conducted. Also, the use of live working methods in the Nordic countries and some Central European countries was investigated. The research also includes calculations for the profitability of some live working methods.

It was found that the applying of live working methods is mostly hindered by lack of awareness about the methods and attitudes in favor of traditional working methods. The results indicated a need for more co-operation between network operators and service providers in order to increase the use of live working methods. It was also discovered that live working methods can provide financial gain as the regulatory costs of outages are left out.

Keywords: Live Working, Live line working, distribution network, planned outage

Esipuhe

Tämä diplomityö tehtiin Energiateollisuus ry:n esittämästä aiheesta kesän ja syksyn 2012 aikana Aalto-yliopiston sähkötekniikan korkeakoulun sähkötekniikan laitokselle. Työn rahoitti Sähkö tutkimuspooli.

Haluan kiittää kaikkia työssä mukana olleita tahoja: haastateltuja verkko- ja palveluyhtiöitä, Energiamarkkinavirastoa sekä muita työhön osallistuneita henkilöitä ja tahoja.

Erityisesti haluan kiittää työni ohjaajia Pertti Lindbergiä ja Tuomas Maasaloa mielenkiintoisesta aiheesta ja tuesta työn aikana. Haluan kiittää professori Matti Lehtosta työn valvonnasta.

Kiitän Energiateollisuus ry:n henkilöstöä miellyttävästä ja lämpimästä työympäristöstä, joka auttoi jaksamaan. Työni ohjausryhmää haluan kiittää työn aikaisesta yhteistyöstä ja ohjauksesta, jonka avulla työn suuntaviivat löytyivät. Haluan kiittää myös kaikkia työni oikolukuun osallistuneita henkilöitä.

Suuri kiitos kuuluu avopuolisolleni Tuikulle, jonka tuki työn aikana on ollut korvaamaton. Vanhempiani tahdon kiittää koko opiskelujeni ajan kestäneestä tuesta.

Espoossa 30.11.2012

Joel Kärkkäinen

SISÄLLYSLUETTELO

Esipuhe.....	iii
Sisällysluettelo	iv
Lyhenteet ja termit	v
1 Johdanto.....	9
1.1 Lähtökohdat.....	9
1.2 Työn tavoite	10
1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn rakenne	10
1.4 Jännitetyömenetelmät -videohanke	11
2 Jakeluverkkotoiminnan lähtökohdat.....	12
2.1 Keskeytykset sähkötoimituksen luotettavuuden kannalta.....	12
2.2 Suunnitellut keskeytykset.....	13
2.3 Viranomaisten vaatimukset.....	14
2.3.1 Lainsäädäntö, standardit ja ohjeet.....	15
2.3.2 Valvontamallin 2012–2015 vaikutukset	16
3 Keskeytyksiä aiheuttamattomat työmenetelmät.....	19
3.1 Vaatimukset sähköverkon töille	19
3.1.1 Vaatimukset jännitetöille	19
3.2 Jännitetyömenetelmät.....	21
3.2.1 KytKentätyöt.....	23
3.2.2 Erotinhuolto	23
3.2.3 JT-erotuskohta	24
3.2.4 Pylväänvaihto.....	25
3.2.5 20 kV kojeistojen puhdistus imuroimalla	26
3.2.6 Muut.....	26
3.3 Varavoima	27
3.4 Siirrettävä muuntaja	28
3.5 Ohituskaapeli.....	29
3.6 Rengasverkko	30

3.6.1	Kauko-ohjattava pylväserotinasema	30
3.6.2	Maastokatkaisija	30
4	Kansainvälinen selvitys.....	32
4.1	Ruotsi ja Norja	33
4.1.1	Työmenetelmät	35
4.2	Live Work Association -maat.....	41
4.2.1	Saksa	42
4.2.2	Tšekki.....	42
4.2.3	Slovakia	43
4.2.4	Puola	44
5	Nykytilan selvittäminen Suomessa	45
5.1	Tutkimusmenetelmät.....	45
6	Selvityksen tulokset	48
6.1	Työmenetelmien nykytila ja kipupisteet	48
6.1.1	Jännitetyömenetelmät	49
6.1.2	Varavoima.....	52
6.1.3	Siirrettävä muuntaja.....	53
6.1.4	Jännitetyökouluttaminen	54
6.2	Työmenetelmien tekninen hyödynnettävyys.....	55
6.2.1	Ilmajohtoverkossa	55
6.2.2	Maakaapeliverkossa.....	56
6.2.3	Esimerkkikohteita	57
6.3	Tilaaja-palveluntoimittajasuhde	59
6.3.1	Asenteet	60
6.3.2	Suunnittelu	62
6.3.3	Järjestelmät	63
6.3.4	Sopimukset.....	63
6.3.5	Tilaaja-palveluntuottajaketjun tarkastelu.....	64
6.4	Teknistoloudelliset haasteet ja hyödyt	66
6.4.1	Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien arvostus	67
6.4.2	Työmenetelmien hyödyn määrittäminen pitkällä aikavälillä.....	68
6.5	Keinoja työmenetelmien käytön edistämiseen	70

6.5.1	Sitoutuminen ja asennemuutos	70
6.5.2	Kouluttaminen ja ohjeistus	72
6.5.3	Yhteistyö.....	72
6.5.4	Työmenetelmien koekäyttö.....	73
6.5.5	Taloudellinen ohjautuminen	74
6.5.6	Työmenetelmien kehittäminen	76
7	Keskeytyksiä aiheuttamattomien työmenetelmien taloudellinen	
	tarkastelu	77
7.1	Kustannuslajit.....	77
7.1.1	Investointikustannukset	77
7.1.2	Keskeytyskustannukset	78
7.1.3	Kunnossapitokustannukset.....	79
7.2	Taloudellisen hyödyn määrittäminen	79
7.3	Esimerkkilaskelmat	81
7.3.1	Case 1: Haarajohdon kytkeminen	84
7.3.2	Case 2: Erotinhuolto	85
7.3.3	Case 3: JT-erotuskohdan rakentaminen	87
7.3.4	Case 4: Pylväänvaihto.....	89
7.3.5	Case 5: Varavoimasyöttö 20 kV:n verkkoon	90
7.4	Yhteenveto laskelmista	92
8	Johtopäätökset	94
8.1	Havainnot	94
8.2	Taloudellinen tarkastelu	98
8.3	Jatkotutkimuksen tarve.....	99
9	Yhteenveto	101
	LÄHTEET.....	103
	LIITTEET	
Liite A	Verkko- ja palveluyhtiöiden haastattelut	
Liite B	Kansainväliset ja muut haastattelut	
Liite C	Kustannuslaskelmat	
Liite D	Jännitetyövälineluettelo	

Lyhenteet ja termit

Lyhenteet

EMV	Energiamarkkinavirasto
KAH	Keskeytyksestä aiheutuva haitta
KAH1	Keskeytyksestä aiheutuva haitta -arvo [€/kW]
KAH2	Keskeytyksestä aiheutuva haitta -arvo [€/kWh]
KJ	Keskijännite
kW	Kilowatti
kWh	Kilowattitunti
JT	Jännitetyö
KAT	Keskeytyksiä aiheuttamaton työ
Oy	Osakeyhtiö
PJ	Pienjännite
ry	Rekisteröitynyt yhdistys
SAIDI	System Average Interruption Duration Index, keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu kesto-aika (h/asiakas) tietyllä aikavälillä
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index, keskeytysten keskimääräinen yhteenlaskettu määrä (krt/asiakas) tietyllä aikavälillä
SFS	Suomen kansallinen standardi
SFS-EN	Yhteiseurooppalainen standardi

Termit

Erotustyö	Työ jännitteisestä verkosta erotetussa verkon osassa
Jakelukeskeytyksetön työ	Jakeluverkon työ, joka ei aiheuta jakelukeskeytystä asiakkaille
JT-erotuskohta	Jännitetyönä käytettävä 1-vaiheinen erotuskohta
KAT-menetelmät	Keskeytyksiä aiheuttamattomat työmenetelmät
Palveluntoimittajasuhde	Verkonhaltijan ja palveluntoimittajan välinen suhde

1 Johdanto

Tämän diplomityö on teettänyt Energiateollisuus ry. Työn on rahoittanut Sähkötutkimuspooli. Energiateollisuus ry (ET) on energia-alan elinkeino- ja työmarkkinapoliittinen etujärjestö. Energiateollisuus ry edustaa sähkön, kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotantoa, siirtoa, hankintaa ja myyntiä harjoittavia, sekä näihin toimialoihin liittyviä palveluja tarjoavia yhtiöitä.

1.1 Lähtökohdat

Sähkötoimituksen luotettavuusvaatimukset ovat viime vuosina kasvaneet merkittävästi. Sähköverkkoliiketoimintaa säätelevä regulaatio asettaa toimitusvarmuustavoitteet sähköverkonhaltijoille. Näiden tavoitteiden kiristyminen luo painetta kehittää edelleen keinoja, joilla verkonrakennus- ja huoltotöistä aiheutuvia jakelukeskeytyksiä ja niistä asiakkaille aiheutuvaa haittaa voidaan vähentää.

Suunniteltujen keskeytysten osuus keskeytysten kokonaismäärästä on merkittävä. Suunnitellut jakelukeskeytykset pyritään ensisijaisesti estämään verkon kytkentäjärjestelyillä, mutta se ei aina ole mahdollista. Jakeluverkon töitä voidaan jo nyt tehdä aiheuttamatta jakelukeskeytystä asiakkaille, mutta jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien jalkautuminen osaksi normaalia sähköverkon rakennus- ja kunnossapitotyötä on ollut hidasta. Tilanne on keskeytyksiä aiheuttamattomien työmenetelmien kannalta tällä hetkellä sekava. Vaikka työt tilattaisiin lähtökohtaisesti jakelukeskeytyksettömänä, tilatuista töistä vain osa toteutetaan katkottomana.

Viime vuosina on paljon puhuttu jännitetyömenetelmien tuomisesta osaksi normaalia verkostorakentamista myös keskijänniteverkossa. Tässä työssä tarkastellaan kuitenkin keskeytyksiä aiheuttamattomia työmenetelmiä laajemmassa mittakaavassa. Jakelukeskeytyksettömistä, eli keskeytyksiä aiheuttamattomista työmenetelmistä käytetään tässä työssä nimitystä KAT-menetelmät. KAT-menetelmiä ovat kaikki ne työmenetelmät, joilla voidaan vähentää jakelukeskeytyksen pituutta tai välttää jakelukeskeytys kokonaan suunnitelluissa töissä. Työssä keskitytään jakeluverkkoon ja siinä 20 kV:n keskijänniteverkkoon. Siirtoverkko jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä menetelmille ei Suomessa vahvan verkonrakenteen takia ole tällä hetkellä tarvetta.

Jakeluverkossa on jo vuosikymmeniä käytetty korjauskaapeleita, sekä aggregaatteja varavoimana. Pienjänniteverkossa pyritään kaikki työt tekemään jännitetyönä, aiheuttamatta jakelukeskeytyksiä. Tilapäisten kaapelien ja varavoiman käyttö on kuitenkin nykyisin monissa yhtiöissä melko vähäistä. Uusien työmenetelmien ja työskentelykäytäntöjen tuomisessa sähköverkkotöihin on haasteensa. Työskentelykäytännöt eivät nykyisellään tue keskeytyksiä aiheuttamattomia työmenetelmiä, vaan yhtiöissä on totuttu tekemään työt jakelukeskeytyksen kautta.

Viime vuosina verkkoyhtiöt ovat ulkoistaneet verkonrakennus- ja kunnossapitotoimintojaan, minkä vuoksi työmenetelmiä ja toimintatapoja on tarkasteltava kokonaisuutena sekä palveluita tilaavien verkkoyhtiöiden että palveluntoimittajien kannalta.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteina on selvittää jakelukeskeytyksettömän työn tekemisen tekniset ja taloudelliset reunaehdot. Tarkoituksena on myös tietoisuuden levittäminen keskeytyksettömistä työmenetelmistä, niiden arvostuksen lisääminen, sekä niiden käytöstä saatavien hyötyjen määrittäminen. Työssä selvitetään keskeytyksettömien työmenetelmien taloudellisia vaikutuksia sekä verkonhaltijoille että verkostourakoitsijoille. Tarkastelussa otetaan huomioon myös regulaation eli sovellettavan valvontamallin vaikutus.

Työssä tehdään myös kansainvälinen selvitys, jonka avulla pyritään kartoittamaan KAT-menetelmien käyttöä muissa Pohjoismaissa ja muualla Euroopassa. Kansainvälisen selvityksen tavoitteena on löytää ratkaisuja Suomessa koettuihin esteisiin, laajentaa tietämystä KAT-menetelmien käytöstä muualla, sekä tuoda esille uusia työmenetelmiä.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn rakenne

Selvitystyö on tehty haastattelemalla verkko- ja palveluyhtiöitä, sekä keskeisiä sidosryhmiä. Keskustelujen kautta toivottiin löydettävän yhtenäinen linja ilman keskeytystä tehtävien töiden nostamiseksi normaaliksi käytännöksi, vähentäen suunniteltujen keskeytysten määrää. Haastattelut on tehty pääosin Suomessa, mutta kansainvälisiä näkemyksiä on haettu muista Pohjoismaista ja muualta Euroopasta.

Keskeytysten vähentämisen taloudellisia vaikutuksia tarkastellaan työmenetelmäkohtaisten esimerkkilaskelmien avulla. Laskelmia varten on haastatelluilta yhtiöiltä selvitetty töiden tekemiseen ja teettämiseen liittyvät kustannukset.

Teknistaloudellisessa tarkastelussa otetaan huomioon myös jakeluverkon teknisen rakenteen muuttuminen, mm. kaapeloinnin lisääntyminen ja ilmajohtojen vähentyminen. Työssä selvitetään käytettävissä olevia työmenetelmiä, niiden käyttömahdollisuuksia ja käytön laajentamiselle olevia teknisiä tai taloudellisia esteitä. Työ antaa edellytykset olemassa olevien menetelmien käytön edistämiseksi, sekä niiden tuomiseksi osaksi normaalia jakeluverkon rakennus-, huolto- ja kunnossapitotyötä.

1.4 Jännitetyömenetelmät -videohanke

Tämän työn ohella Sähkö tutkimuspooli toteuttaa toisen hankkeen jännitetyömenetelmiin liittyen. Hanke tähtää nykyisten 20 kV:n jännitetyömenetelmien käytön laajentamiseen. Hankkeen tarkoituksena on laatia ohjeistavat videot, joilla voidaan levittää tietoisuutta jännitetyömenetelmistä ja niiden käytöstä. Yhden videon pituus on 2-5 minuuttia. Hankkeen toteutuksesta vastaa HeadPower Oy:n johtama työryhmä, joka koostuu eri verkkoyhtiöiden edustajista. Jännitetyön asiantuntijana toimii JT-Millennium.

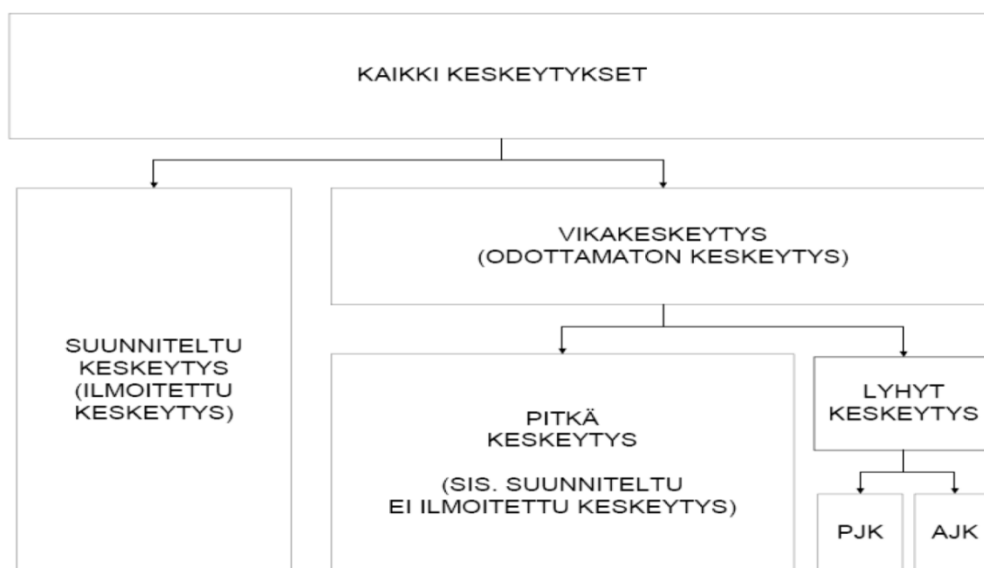
Työryhmä laati käsikirjoitukset kolmeen videoon, joista ensimmäisellä, yhtiöiden johtohenkilöille kohdistetulla videolla pyritään herättämään kiinnostusta jännitetyömenetelmiä kohtaan. Toinen video on suunnattu toimihenkilöille ja työnjohdolle verkko- ja palveluntuottajayhtiöissä. Videossa esitellään jännitetöiden vaikutusta muun muassa työturvallisuuteen, asiakkaiden kokemuksiin sekä töiden suunnitteluun ja sujuvuuteen. Kolmannella videolla esitellään eri työmenetelmät ja työn eteneminen pääpiirteittäin. Hanke valmistuu joulukuussa 2012.

2 Jakeluverkkotoiminnan lähtökohdat

Sähkönjakeluverkko koostuu Suomessa 110 kV:n sähköasemien jälkeen olevista osista, jotka ovat 20 kV:n, 10 kV:n ja 1 kV:n keskijänniteverkot, 20/0,4 kV:n jakelumuuntamot sekä 400 voltin pienjänniteporras. [1] Jakeluverkkokoalueet voidaan jakaa niiden maakaapelointiasteen perusteella kolmeen ryhmään: maaseutu-, taajama- ja kaupunkiverkkoihin. Jakeluverkon rakenne eroaa maaseutu-, taajama- ja kaupunkiympäristöissä huomattavasti. Keskijänniterunkoverkko on kuitenkin yleensä sekä taajamissa ja kaupungeissa että maaseudulla rakennettu avoimiin silmukoihin, joita käytetään säteittäisenä. Maaseutuverkko on tällä hetkellä pääosin avoilmajohtoverkkoa.

2.1 Keskeytykset sähkötoimituksen luotettavuuden kannalta

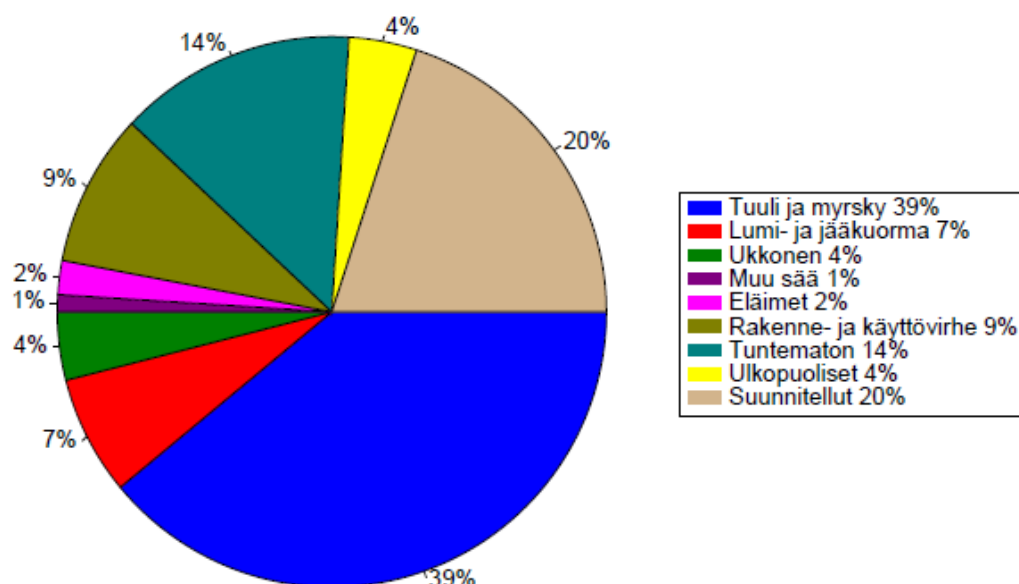
Sähköverkon käyttökeskeytykset voidaan standardin SFS-EN 50160 mukaisesti jakaa kahteen ryhmään, suunniteltuihin keskeytyksiin ja odottamattomiin keskeytyksiin. Odottamattomat keskeytykset eli häiriökeskeytykset voidaan jakaa edelleen pysyviin ja ohimeneviin syöttökeskeytyksiin. Pitkäkestoisin keskeytyksiin lasketaan yli 3 minuuttia kestävät keskeytykset. Pitkäkestoiset keskeytykset aiheutuvat yleensä pysyvästä sähköverkon viasta. Lyhyet keskeytykset kestävät korkeintaan 3 minuuttia. Niiden aiheuttajana on yleensä jokin ohimenevä vika, jolloin jännite saadaan yleensä palautettua automaattisella jälleenkytkennällä. [2] Keskeytykset luokitellaan kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1: Keskeytysluokittelu. Keskeytykset voidaan jakaa vikakeskeytyksiin ja suunniteltuihin keskeytyksiin. [3]

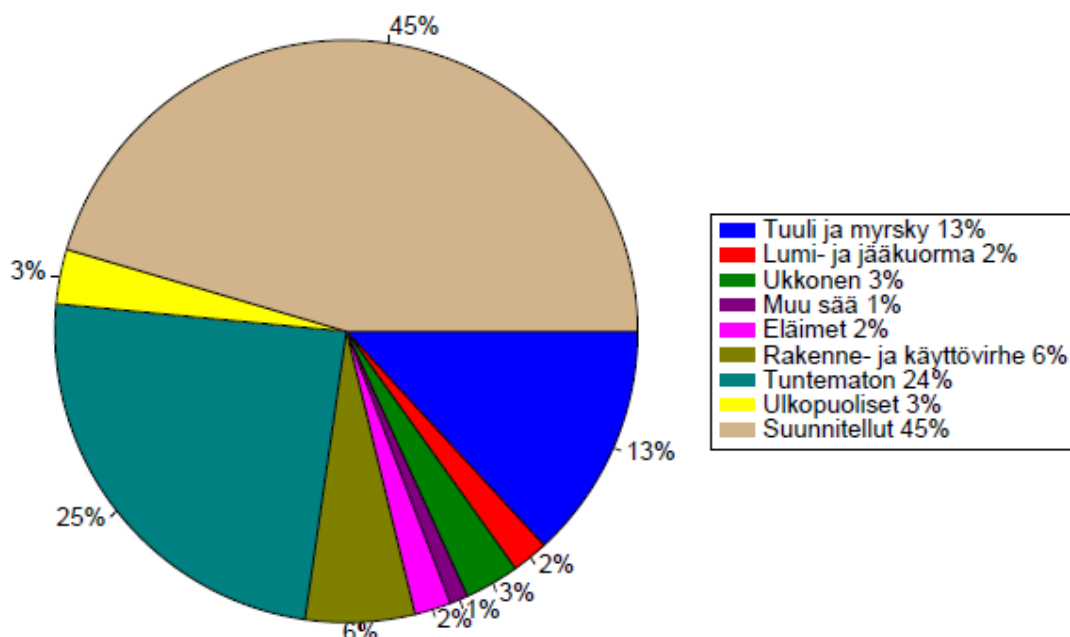
2.2 Suunnitellut keskeytykset

Suunniteltujen keskeytysten osuus kokonaiskeskeytysajasta on merkittävä. Vuonna 2009 sähkönkäyttäjän kokemista keskimääräisestä keskeytysajasta (SAIDI) 80 % johtui häiriökeskeytyksistä ja loput 20 % suunnitelluista työkeskeytyksistä [4]. Vuonna 2010 vastaava luku suunnitelluille keskeytyksille oli 8 % ja vuonna 2011 luku oli 3 %. Koska vuoden 2010 kesällä ja vuoden 2011 lopussa sattuneet suuret myrskyt vääristävät vuositasolla tarkasteltavaa keskeytystilastoa, tässä työssä käytetään vuoden 2009 tilastoa. Suunniteltujen keskeytysten lukumäärä ja keskeytysaika ovat hieman laskeneet vuodesta 2009 vuoteen 2011. Suhteelliset keskeytysajat vuonna 2009 aiheuttajan mukaan jaoteltuna on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2: Keskeytysten aiheuttajat keskimääräisen asiakkaalle aiheutuneen keskeytysajan mukaan vuonna 2009 (jälleenkytkennät ei mukana). [4]

Kuvassa 3 on esitetty keskeytysten määrä kokonaisjohtopituutta kohti prosentuaalisesti. Suunniteltujen keskeytysten määrä johtopituutta kohden kertoo siitä, että keskeytykset vaikuttavat suureen määrään asiakkaita. Erityisesti taajama- ja kaupunkiverkoissa suunnitellun keskeytyksen vaikutus voi olla suuri, jos varayhteyttä ei ole.



Kuva 3: Keskeytysten määrä kokonaisjohtopituutta kohden keskeytyksen aiheuttajan mukaan vuonna 2009. [4]

Tarkastelemalla suunniteltujen keskeytysten osuutta kuvissa 2 ja 3, voidaan todeta, että mahdollisuudet vaikuttaa asiakkaille aiheutuvaan keskeytyshaittaan vähentämällä suunniteltujen keskeytyksien määrää, ovat merkittävät.

Suunnitellut työkeskeytykset pyritään toteuttamaan siten, että keskeytyksen kokevat vain sähkökäyttäjät, jotka liittyvät verkkoon työkohteena olevalla verkon alueella. Työkeskeytysaluetta pystytään usein nopeasti rajaamaan verkon kytkentätilamuutoksilla. Tämä edellyttää kuitenkin rengasyhteyksiä, riittävän tiuhaan rakennettuja erottimia sekä kaukokäyttöä. Suunnitelluilla keskeytyksillä on suuri merkitys asiakkaalle näkyvään yrityskuvaan. Jokainen, pienikin keskeytys heijastuu yrityskuvaan negatiivisesti.

Suunnitellut työt tehdään erotustyönä, jossa työkeskeytysalue rajataan ja tehdään jännitteettömäksi linja- tai muuntamoerottimilla, tai jännitetyönä avattavalla yksivaiheisella erotuskohdalla. Suunnitelluista keskeytyksistä on ilmoitettava asiakkaalle etukäteen. Suunniteltua keskeytystä varten on urakoivan yhtiön lähetettävä verkkoyhtiölle kytkentäpyyntö, verkkoyhtiöstä riippuen 4-7 päivää ennen työn suunniteltua ajankohtaa [5].

2.3 Viranomaisten vaatimukset

Sähkömarkkinalain perusteella sähköverkkoyhtiöt ovat niin kutsutussa luonnollisessa monopoliasemassa. Tästä syystä sähköverkkoliiketoiminta on vahvasti säädeltyä toi-

mintaa. Sähkömarkkinoita säädellään sähkömarkkinalailla ja sen nojalla annetuilla säädöksillä. Sähkömarkkinalain 14 §:ssä määrätään, että verkkopalvelujen hinnoittelun on oltava kohtuullista [6]. Sähköverkkotoimintaa ja verkkopalveluiden hinnoittelua Suomessa valvoo työ- ja elinkeinoministeriön alaisuudessa toimiva Energiamarkkinavirasto (EMV), jonka tehtävänä on valvoa ja edistää sähkömarkkinoiden toimintaa.

Periaatteena monopoliaseman valvonnassa on, että hinnoittelun tulisi vastata toiminnan kustannuksia, kuitenkin niin, että hinnoittelulla pystytään turvaamaan riittävä tulorahoitus ja vakavaraisuus. Tulot saisivat kattaa verkon ylläpidon, käytön ja rakentamisen kohtuulliset kustannukset sekä antaa sitoutuneelle pääomalle kohtuullisen tuoton. [7] Tuottoa säätelevä malli ei lähtökohtaisesti aseta rajoitteita verkkoyhtiöiden investoinneille.

Sähköverkkoliiketoiminnan valvonnalla pyritään kannustamaan verkkoyhtiöitä tehokkaaseen toimintaan ja verkon kehittämiseen sähkön laadun parantamiseksi. Vaikka täysin keskeytyksetöntä sähköntoimitusta ei verkkoyhtiöiltä voi vaatia, kiristyvät viranomaisvaatimukset sähkön laadun parantamisesta. EMV:n valvontamenetelmät ohjaavat verkkoyhtiöitä vähentämään myös suunniteltuja keskeytyksiä. Kustannustehokkuuteen ohjaavilla valvontamenetelmillä pyritään alentamaan verkkoyhtiöiden operatiivisia kustannuksia.

2.3.1 Lainsäädäntö, standardit ja ohjeet

Sähköverkonhaltijoiden toimintaa säätelevät muun muassa seuraavat lait ja säädökset:

1. Sähkömarkkinalaki
2. Sähkömarkkina-asetus
3. Sähköturvallisuuslaki
4. Sähköturvallisuusasetus

Toimintaa ohjaavia standardeja ovat:

1. Suomalaiset SFS-standardit
2. Yhteiseurooppalaiset EN-standardit
3. Maailmanlaajuiset IEC-standardit

Muita ohjeita ja suosituksia:

1. Verkkopalveluehdot
2. Alan järjestöjen verkostosuositukset ja muut suositukset sekä julkaisut
3. Sähköurakointiohjeet, ST-kortisto

4. Verkkoyhtiöiden omat urakointiohjeet ja suositukset [8]

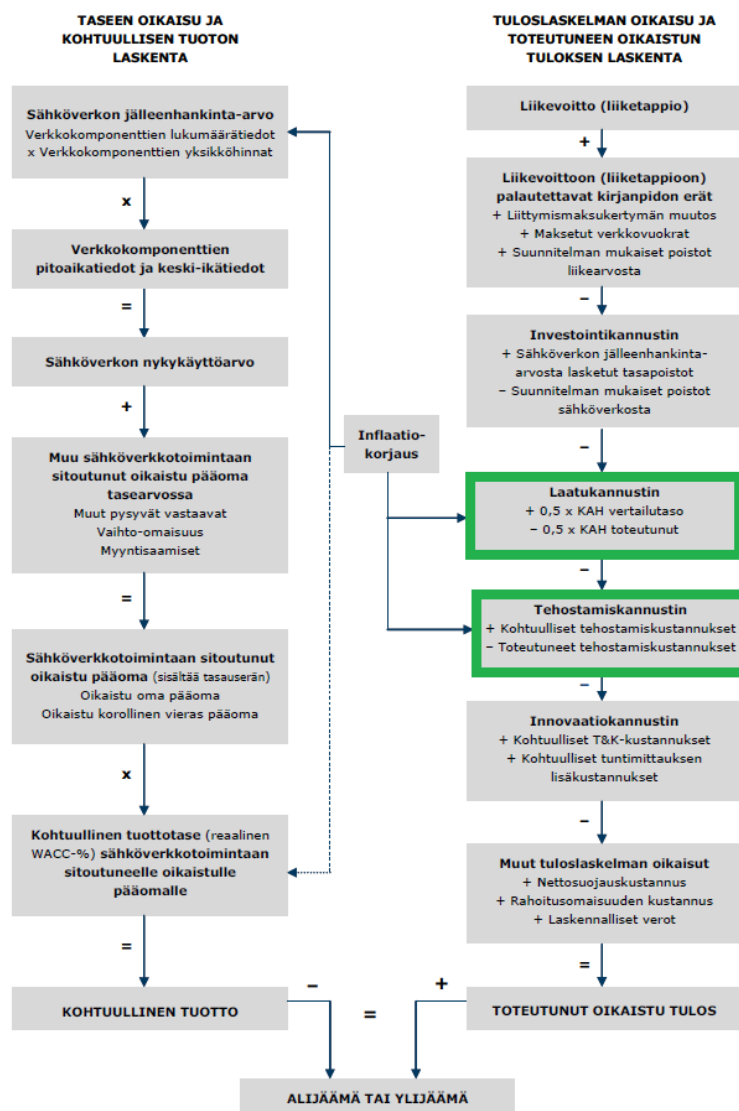
2.3.2 Valvontamallin 2012–2015 vaikutukset

Sähköverkkoliiketoimintaa on valvottu Energiamarkkinaviraston laatiman valvontamallin avulla varsinaisesti vuodesta 2005 lähtien, jolloin Suomessa siirryttiin etukäteisvalvontaan. Valvonta tapahtuu neljä vuotta kestävässä valvontajaksoissa, joita koskevat yhtiökohtaiset valvontaparametrit määritetään ennen valvontajaksoa annettavissa vahvistuspäätöksissä. Valvontajakson aikana Energiamarkkinavirasto laskee vuosittain alustavan verkonhaltijakohtaisen sähköverkkotoiminnan kohtuullisen tuoton ja toteutuneen oikaistun tuloksen. Lopulliset laskelmat tehdään valvontajakson päätyttyä koko valvontajaksoa koskevissa valvontapäätöksissä.

Kolmannella valvontajaksolla 2012 – 2015 valvontamenetelmiin lisättiin investointi- ja innovaatiokannustimet. Lisäksi keskeytyskustannusten puolikas otettiin mukaan tehostamistavoitteeseen.

Valvonnan laskentaparametrit kolmannella valvontajaksolla on esitetty kuvassa 4. Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien taloudellisen tarkastelun kannalta keskeiset tekijät ovat laatu- ja tehostamiskannustimet. Keskeytyskustannuksista puolet on otettu huomioon laatakannustimessa ja puolet tehostamiskannustimessa.

Suunniteltuihin keskeytyksiin valvontamallissa pyritään vaikuttamaan laatu- ja tehostamiskannustimien kautta. Kannustimilla pyritään ohjaamaan verkkoyhtiöitä minimoimaan toiminnasta aiheutuvat kustannukset eli operatiiviset kustannukset, sekä sähköntoimituksen keskeytyksistä aiheutuvan haitan kustannukset eli KAH-kustannukset. KAH-kustannusten rahanarvon vuotuisen korjaamiseen käytetään uudessa valvontamallissa kuluttajahintaindeksiä, joka seuraa aiemmin käytettyä rakennuskustannusindeksiä paremmin asiakkaalle aiheutuvan haitan arvoa [10].



Kuva 4: Valvontamallin 2012–2015 taloudelliset laskentaparametrit. [9]

Toteutuneen oikaistun tuloksen laskennassa huomioidaan laatukannustimessa keskeytyskustannusten vertailutason ja vuosittaisen laskennallisen toteuman välisen erotuksen puolikas. Kolmannelle valvontajaksolle tätä on muutettu siten, että se aiemmassa valvontamallissa määritetyn kymmenen prosentin sijaan voi kolmannelle valvontajaksolla vastata suuruudeltaan enintään 20 % verkonhaltijan vuoden kohtuullisesta tuotosta. Tämä kahdenkymmenen prosentin raja koskee niin laatubonusta kuin laatusanktiota. [11] Laatukannustimen rajojen kasvattaminen kasvattaa myös verkkoliiketoiminnan riskiä, mikä pakottaa verkkoyhtiön kiinnittämään enemmän huomiota keskeytyskustannuksiin.

Asiakkaalle aiheutetun keskeytyshaitan merkitys on kasvanut erityisesti tehostamiskannustimessa, johon on kolmannelle valvontajaksolla tuotu keskeytyskustannusten puolikas. Toinen puolikas huomioidaan edelleen laatukannustimessa. KAH-arvon puolikkaan

tuominen tehostamiskannustimeen kasvattaa asiakaskeskeytysten vaikutusta toteutuneeseen oikaistuun tulokseen merkittävästi. Keskeytyskustannusten puolikkaan vaikutus tehostamiskannustimessa on aina täysimittainen, sillä laatukannustimen laatuleikkuri ei koske tehostamiskannustimen KAH-arvon puolikasta.

3 Keskeytyksiä aiheuttamattomat työmenetelmät

Tässä luvussa esitellään olemassa olevia KAT-menetelmiä ja niiden teknistä käytettävyyttä. Luku käsittelee myös sähköverkon töihin liittyviä vaatimuksia ja suosituksia.

3.1 Vaatimukset sähköverkon töille

Tutkittaessa erilaisia sähköverkon työmenetelmiä, on olennaista tarkastella sähkötyöturvallisuussäädöksiä ja muita työlle asetettuja edellytyksiä. Sitovat määräykset sähkötyöturvallisuudesta on annettu kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähköalan töistä (516/1996) ja sen muutoksessa (1194/1999). Kansallinen sähkötyöturvallisuusstandardi SFS-EN 6002 on vahvistettu standardi, jota noudattamalla katsotaan turvallisuusvaatimusten täyttyvän. [12]

Standardi [12] määrittelee sähkötöiden työskentelykäytännöt kolmeen luokkaan: työ jännitteettömänä, jännitetyö ja työ jännitteisten osien läheisyydessä. Standardi olettaa, että työssä noudatetaan työhön valitun työskentelykäytännön turvallisuusvaatimuksia. Standardissa määritellään edellytykset sähkötöiden suorittamiselle. Näitä edellytyksiä ovat:

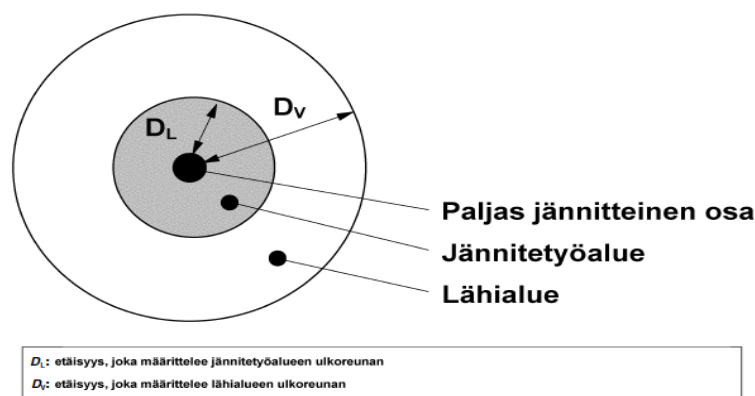
- ennakkosuunnittelu, joka kattaa työn, valmistelevat toimenpiteet, työkalut ja varusteet,
- työtä tekevien henkilöiden tehtävien ja vastuiden määrittely,
- ympäristöolosuhteista johtuvien rajoitteiden määrittely sekä
- laitteiden ja työvälineiden ominaisuuksien, käytön, säilytyksen, huollon, kuljetuksen ja tarkastusten määrittely. [12]

Uuden työmenetelmän käyttöönotto edellyttää, että työmenetelmä täyttää asianmukaisissa turvallisuussäädöksissä ja -standardeissa määritetyn turvallisuustason.

3.1.1 Vaatimukset jännitetöille

Standardin SFS-EN 6002 mukaisesti jännitetyötä on kaikki sähkötyö, jossa työntekijä joutuu tarkoituksellisesti kosketuksiin jännitteisten osien kanssa tai ulottuu jännitetyöalueelle käsittelemällä työkalulla tai kehon osalla. Jännitetyöalueeksi kutsutaan aluetta, joka ympäröi jännitteisiä osia ja jossa on sähköiskun tai valokaaren vaara. Jännitteisten osien läheisyydessä työskentelyyn liittyvät alueet on esitetty kuvassa 5. Esimerkiksi

jännitetyöalueen D_L mitta 20 kV:n jännitteellä on 0,4 metriä. Ilmajohdoilla työskennellessä etäisyyden tulee olla edellä mainitulla jännitteellä 1,0 metriä työkohteena olevan jännitteisen osan alapuolella. Työskennellessä jännitetyövälineillä, saa jännitetyöalueelle yltää vain jännitetyöhön soveltuvilla välineillä. Tällöin käytetään lähialueen D_V turvaetäisyyttä, joka 20 kV:n jännitteellä on 1,4 metriä. Jos työtä ei voida tehdä tätä etäisyyttä noudattaen, voi johdon haltija lyhytaikaisessa työssä antaa luvan ilmajohdon jännitetyöalueen etäisyyden D_L noudattamiseen, jos sähköalan ammattihenkilö valvoo turvallisuutta ja ryhtyy työkohteessa mahdollisesti tarvittaviin varotoimiin. [12]



Kuva 5: Työskentelymenettelyihin liittyvät alueet ja etäisyydet [12]

Jännitetyöstandardi SFS-EN 61230 asettaa vaatimukset työmaadoitus- ja oikosulkuvälineille, mukaan lukien työmaadoituksen asennuksessa käytettäville eristävälle sauvoille. [13]

Jännitetyössä, kuten kaikissa sähkötöissä, on huolehdittava työn turvallisesta toteutuksesta. Työturvallisuus jännitetyössä varmistetaan noudattamalla yrityksen sähkötöiden johtajan hyväksymää työohjetta ja työturvallisuusyhteistyöllä verkkoyhtiön kanssa. Työohje tulee hyväksyttävä verkkoyhtiön käytönjohtajalla. Toimittaessa jännitteisten osien läheisyydessä, on kiinnitettävä erityistä huomiota ohjeiden noudattamiseen ja turvallisen etäisyyden ylläpitämiseen työn jokaisena hetkenä.

Verkkoyhtiön on aina oltava tietoinen verkossa tapahtuvasta jännitetyöstä. Sen on huolehdittava työohjeen niin edellyttäessä jälleenkytkentöjen poistosta työn alaisella johtolähdöllä ja annettava omalta osaltaan lupa työn aloittamiseen, kun siihen on valmiudet. Verkkoyhtiön on myös varmistettava, ettei johtolähdön lauennutta katkaisijaa kytketä kiinni ennen kuin jännitetyöryhmältä on saatu siihen lupa. Työn jälkeen verkkoyhtiö huolehtii jälleenkytkentöjen palautuksesta.

Jännitetyöhön yli 1000 V:n jännitteellä tarvitaan aina vähintään kaksi jännitetyökoulutettua asentajaa. Verkonhaltijan on lisäksi oltava ennakkoon tietoinen kaikista yli 1000 V:n verkossa tehtävistä jännitetöistä. Urakoitsijan tulee huolehtia, että tarvittavat turvallisuustoimenpiteet toteutuvat ennen työtä, työn aikana ja työn jälkeen. Verkkoyhtiön ja urakoitsijan tulee myös sopia ennakkoon tiedonsiirtoyhteyksistä huolehtimisesta. [12]

Jännitetyöhön ei riitä ainoastaan, että henkilö on ammattitaitoinen sähköasentaja. Jännitetyöhön vaaditaan myös erikoiskoulutus. Jännitetyötä varten on oltava kirjalliset työohjeet, jotka hyväksyy sähkötöiden johtaja ja tarvittaessa käytön johtaja, sekä riittävät ja tarkoituksenmukaiset suojavarusteet. Jännitetyökoulutukseen tulee sisältyä sekä teoria-koulutus että käytännön harjoittelua. Käytännön harjoittelussa koulutettavan henkilön tulee suorittaa sellaiset jännitetyötoimenpiteet, joiden osaaminen hänen on tarkoitus saavuttaa. Koulutuksesta on annettava todistus, joka erittelee, millaisiin töihin koulutus on henkilön valmentanut. [12]

Jännitetyöosaamista on ylläpidettävä koulutuksella huolimatta siitä, onko henkilö peruskoulutuksen jälkeen tehnyt jännitetöitä vai ei. Jännitetyökoulutus tulee kerrata SFS 6002 mainitseamalla tavalla viimeistään viiden vuoden kuluttua. Lisäksi, jos henkilö ei ole tehnyt jännitetöitä kolmen vuoden aikana, täytyy koulutus kerrata, ennen kuin henkilö voi taas suorittaa jännitetöitä. [12]

Ennen jännitetyön aloittamista tulee varmistua kohteen turvallisuudesta. Verkon automaattisten jälleenkytkentöjen ja automaattisten varasyöttöjen kytkeytymisen estäminen voi työstä riippuen olla tarpeen kytkentäylijännitteiden välttämiseksi. Valokaaren vaaran läsnä ollessa on käytettävä valokaaren vaaroilta suojaavia henkilösuojaimia.

3.2 Jännitetyömenetelmät

Tässä alaluvussa on esitelty Suomessa käytössä olevia jännitetyömenetelmiä. Sähkötyöturvallisuusstandardi [12] jakaa jännitetyöt kolmeen kategoriaan: Sauvamenetelmä, eristävien käsineiden käytön menetelmä ja jännitetyö kohteen potentiaalissa.

Jännitetyö lyhytsauvamenetelmällä yli 1000 V:n jännitteellä alkoi yleistyä Suomessa vuonna 1996. Suomessa 20 kV:n keskijänniteverkon jännitetyöhön ei tällä hetkellä käytetä muita työmenetelmiä kuin sauvamenetelmää. Nykyisin käytössä olevat menetelmät soveltuvat suurimmaksi osaksi vain ilmajohtoverkkoon. Yli 1000 V:n jännitetyöhön on koulutettu Suomessa noin 1000 asentajaa.

Jännitetyöllä pyritään vähentämään suunniteltujen keskeytysten määrää ja niiden asiakkaille aiheuttamaa haittaa. Suomessa jännitetöissä käytetään yleensä kahta asentajaa, joista aina toinen on nimetty työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi.

Jännitetyönä voidaan nykyisin tehdä muun muassa seuraavanlaisia töitä:

1. Haarajohdon kiinni- ja irtikytkentä,
2. Erottimellisen ja erottimettoman pylväsmuuntamon kiinni- ja irtikytkeminen,
3. kuormittamattoman maakaapelin kiinni- ja irtikytkeminen,
4. tilapäisen ohituskaapelin kiinni- ja irtikytkeminen,
5. tavallisilla liittimillä kytketyn haarajohdon irtikytkeminen,
6. virrallisen tai virrattoman johtoerottimen huolto,
7. eristimen, orren tai pylvään vaihto,
8. erotuskohdan tekeminen avojohtoon tai päällystettyyn avojohtoon,
9. linjaerottimen huolto,
10. sisäkytkinlaitoksen puhdistus imuroimalla,
11. sisäkytkinlaitoksen liuotinpuhdistus,
12. jään ja huurteen poisto avojohdolta,
13. varoitusmerkkien ja vesistöristeyksien korkeusmerkinnän asentaminen ilmajohd-
toon ja
14. oksasuojan asentaminen päällystettyyn avojohtoon.

Suomessa edellä mainituista työmenetelmistä tehdään kaikkia, mutta käyttöaste vaihtelee yhtiöittäin. Johdon, maakaapelin tai muuntamon kytkentä, ja JT-erotuskohdan rakentaminen voidaan tehdä sekä paljaaseen avojohtoon että päällystettyyn PAS-johtoon [14].

Jännitetyötä tehdessä on tärkeää muistaa välineiden huolto. Välineet on huollettava jokaisen työkohteen jälkeen. Jännitetyövälineille tulee lisäksi tehdä määräajoin jännitetaustaus, jotta työvälineen eristävyys voidaan todeta riittäväksi. Eristävien jännitetyösauvojen huoltoon kuuluu

Sauvamenetelmällä työ tehdään jännitetyöalueen ulkopuolelta. Sähköturvallisuusstandardi määrittelee kuitenkin jännitetyöksi kaikki työt, joissa työntekijä tarkoituksellisesti joko koskettaa jännitteistä osaa tai ulottuu kehonsa osilla tai käsittelemillään työkaluilla, varusteilla tai laitteilla tälle alueelle. Työeristävillä sauvoilla edellyttää pysymistä jänni-

tetyöalueen ulkopuolella siten, ettei yksikään kehon osa yllä jännitetyöalueelle. Jännitetyöalueelle saa ulottua vain hyväksytyllä eristävällä työvälineellä. [12]

3.2.1 KytKentätyöt

Jännitteiseen ilmajohtoverkkoon voidaan sauvamenetelmällä kytkeä niin haarajohto, maakaapeli kuin muuntajakin. Kytkeminen jännitetyönä eli JT-kytkentä toteutetaan jännitetyöliittimillä ja jompeilla, joita voidaan käsitellä eristävän sauvan päähän asennettavilla erityistyökaluilla. Kun liittäminen tehdään jännitetyöliittimillä, voidaan liitin myöhemmin helposti avata ja jomppi irrottaa jännitetyönä, kun liitetty verkonosa tahdotaan jännitteettömäksi, ja kytkeä taas takaisin. Tekemällä työ JT-kytkentänä voidaan siis esittää asiakkaille liittämisestä tai irrottamisesta aiheutuva keskeytys myös tulevaisuudessa.

JT-kytkentää tehtäessä on liitettävän verkon osan oltava kuormittamaton eli virraton. Johdon liittäminen tai irrottaminen yksivaiheisesti sen ollessa kuormitettuna voi aiheuttaa vaaratilanteita, kuten valokaaren syttymisen.

3.2.2 Erotinhuolto

Johtoerottimen normaalit huoltotoimenpiteet voidaan tehdä jännitetyönä sauvamenetelmällä. Normaaleja huoltotoimenpiteitä ovat erottimen elementtien nivel- tai saranpintojen, ohjaimen nivelten ja muiden liukuvien tai niveltuvien mekaanisten osien voitelu. Voiteluun voidaan käyttää sprayvaseliinia. Erottimen kosketinpinnat voidaan pestä ja voidella kosketinvaseliinilla. Muita toimenpiteitä ovat kiinnityspultin kiristys ja ohjaimen säätö. Ennen jännitetyön aloittamista on työkohteen turvallisuus tarkastettava.

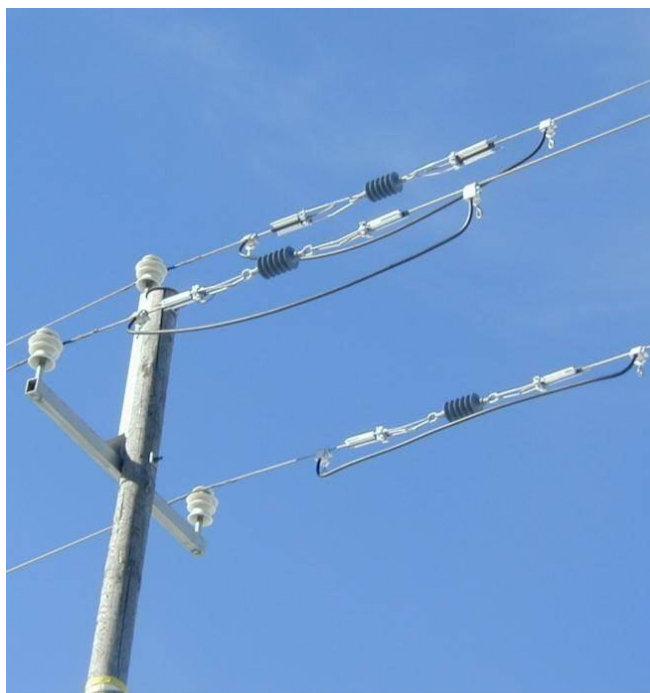
Erotinhuolto on tehtävä huolella, jotta komponentin käyttöikä on mahdollisimman pitkä. Siksi erottimen toiminta on hyvä kokeilla huollon yhteydessä. Avaamalla ja sulkemalla erotin voidaan todeta kiinnityspultin sopiva kireys, ohjaimen toimivuus, koskettimien ja kosketinpiiskojen toimivuus, sekä riittävä avausväli. Riittävä avausväli on hyvä varmistaa mittaamalla.

Jotta erotin voidaan avata ja sulkea ilman asiakkaille aiheutuvaa keskeytystä, on korvaava syöttö varmistettava kytkentäjärjestelyillä, mikä se on mahdollista, tai muussa tapauksessa ohitusjompauksella. Yksivaiheiset ohitusjompit voidaan kiinnittää JT-liittimillä erottimen molemmin puolin, jolloin erotin voidaan avata ilman virran katkeamista. Ohitusjompkien sijaan voidaan käyttää myös ohituskaapelia.

Kun huoltotyöt on suoritettu, lukitaan erotin kiinniasentoon ja jompit tai ohituskaapeli poistetaan ja verkon kytkentätila palautetaan ennalleen. Työtä varten tarvitaan sauvamenetelmän perusvälineiden lisäksi eristävän asennussauvan päähän asennettavia erityisvälineitä, kuten räikkäävain ja sarja erikoisavaimia ja voiteluvälineitä sekä spraypullon pidin.

3.2.3 JT-erotuskohta

Avoilmajohtoon voidaan jännitetyönä sauvamenetelmällä asentaa 1-vaiheiset erotuskohdat eli JT-katkopaikat, joiden avulla saadaan verkon osa tai komponentti erotettua jännitetyönä verkosta aiheuttamatta muulle verkolle huoltokeskeytystä. Menetelmä soveltuu erityisesti erotinhuoltoihin ja keskeytysalueen rajaamiseen paikoissa, joissa työn tekeminen linjaerottimien avulla tehtävästä suunnitellusta keskeytyksestä aiheutuisi haittaa usealle asiakkaalle. Tällaisia kohtia ovat esimerkiksi verkon haarakohdat ja alueet, joissa linjaerottimia on harvassa. Kuvassa 6 on esitetty tyypillinen JT-erotuskohta.



Kuva 6: JT-erotuskohta 20 kV:n avoilmajohtoverkossa. [15]

Erotuskohta eli JT-katkopaikka voidaan rakentaa jännitetyönä nostokoria apuna käyttäen. JT-katkopaikan avaaminen ja kytkeminen voidaan tehdä joko pylväästä tai nostokorista. JT-katkopaikkojen avulla voidaan työkeskeytysaluetta rajata siten, että keskeytysalueen vaikutus kohdistuu mahdollisimman pieneen asiakasmäärään. Erotuskohta asennetaan eristävien sauvojen avulla käyttäen työhön sopivia päätepitimiä ja vetoeristimiä

sekä sauvan päähän kiinnitettäviä työkaluja. Erotuskohta voidaan eristävien sauvojen avulla tehdä jännitetyöalueen ulkopuolella työskennellen. [15]

JT-erotuskohdan rakentaminen tarjoaa verkkoyhtiölle hyötyä koko elinkaarensa ajan, sillä erotuskohta voidaan hyödyntää myös myöhemmin keskeytysalueiden rajaamiseen. On kuitenkin huomioitava, että erotuskohdan rakentaminen lisää aina verkkoon yhden sarjakomponentin, joka vaatii huoltoa.

JT-erotuskohdan käyttötarkoitus on sama kuin linjaerottimella, mutta erotuskohta on edullisempi rakentaa. JT-erotuskohta voi olla joko erottimella varustettu tai voidaan käyttää pelkkää vetoeristin-ohitusjomppirakennetta. Erottimella varustetulla vetoeristinratkaisulla voidaan katkaista tai kytkeä kuormavirta, kuten normaalilla linjaerottimella, jolloin erotuskohdan käyttäminen ei aiheuta jakelukeskeytystä. Erottimettoman erotuskohdan käyttäminen vaatii lyhyen kytkentä- tai irrotuskeskeytyksen, jos kuormavirtaa ei voida ohjata kytkentäjärjestelyin kulkemaan toista reittiä. Säteittäisessä, kuormitetussa verkossa avaaminen vaatii lyhyen kytkentä- tai irrotuskeskeytyksen. [15]

3.2.4 Pylväänvaihto

Pylväänvaihtoa jännitetyönä, eli JT-pylväänvaihtoa tehdään sauvamenetelmällä käyttäen pylväänvaihtoon suunniteltuja erikoistyövälineitä. Johtimien käsittely tapahtuu eristävällä nosto-orrella, johon johtimet yksitellen asetetaan eristävällä tartuntasauvalla. Työ tehdään jännitetyöalueen ulkopuolelta. Pylväänvaihto jännitetyönä voidaan suorittaa joko pylvästyönä tai nostokorista käsin. Työmenetelmälle soveltuvin työtapana on nostokorityöskentely, jossa työasento, ulottuvuus ja turvallisuus ovat paremmat kuin pylvästyöskentelyssä.

Pylväänvaihtoa ei voida kuitenkaan aina toteuttaa jännitetyönä. Työmenetelmän käyttöä rajoittavat pylvään ja verkon tekninen rakenne ja taloudellinen kannattavuus. Teknisiä haasteita työmenetelmälle asettavat verkon kulmakohdat, johtimien mekaaninen veto- rasitus, orsirakenne ja uuden pylvään pituus. JT-pylväänvaihto voidaan suorittaa joh- tosuorilla, joissa ei ole jyrkkiä nousuja tai laskuja, tai jyrkkiä kulmia. Orsirakenne voi tehdä työstä vaativampaa. Jos poistuvassa pylväässä on koukku-eristin-rakenne tai kolmio-orsi, on työ hankalampaa kuin taso-orsirakenteella. Johtimien siirtäminen on mahdollista kolmio- tai taso-orsirakenteen omaavaan pylvääseen jännitetyönä. Johtolinjan nousu- ja laskukohdissa tai uuden pylvään ollessa vanhaa pidempi, on työmenetelmän

käytettävyys arvioitava johtimien mekaanisen vetorasituksen mukaan. Kuten jännitetyössä yleensä, tulee pylväänvaihdoissa turvaetäisyyksien täyttyä työn jokaisena hetkenä, jotta työ voidaan suorittaa jännitetyönä. Uudet markkinoille tulleet eristävät komposiittipylväät saattavat tulevaisuudessa tarjota helpotusta pylväiden vaihtoon jännitetyönä. [14]

3.2.5 20 kV kojeistojen puhdistus imuroimalla

Sisäkytkinlaitokset voidaan puhdistaa jännitetyönä imuroimalla, kun käytetään oikeanlaisia työvälineitä. Teollisuusimurissa jatkeena käytetään eristäviä putkia ja työhön soveltuvia erikoisharjoja. Työ voidaan toteuttaa silloin kun muuntamossa on riittävästi tilaa ja muuntamo on ehjä ja hyväkuntoinen. Työ tehdään jännitetyöalueen ulkopuolella työskennellen. Työtä tekevän henkilön on käytettävä jännitetyöhön vaadittuja suojavausteita. Valokaaren vaaran vallitessa on käytettävä kasvosuojainta.

3.2.6 Muut

Puun kaatuessa keskijänniteverkon avoilmajohdolle voidaan se poistaa linjalta eristämällä vikakohde jännitteisestä verkosta, jolloin kohteessa tulee käyttää työmaadoitusta. Työ voidaan tehdä myös aiheuttamatta jakelukeskeytystä, kun käytetään jännitetyövälineitä.

Puun poistamiseen jännitetyönä voidaan käyttää eristävävartista oksasahaa tai jännitetyökelpoista heittosahaa. Näitä työmenetelmiä käytettäessä ei vikapaikkaa tarvitse erikseen erottaa jännitteisestä verkosta, eikä työkohdetta tarvitse maadoittaa. [16] Kuvassa 7 on esitetty heittosaha tarvikkeineen.



Kuva 7: Heittosahaan kuuluvat tarvikkeet. [17]

Puunpoistossa linjalta käytettäville jännitetyömenetelmille on luotu ohjeistukset [16] ja niitä voidaan käyttää käytönjohtajan päätöksellä. Kuten muussakin jännitetyössä, tulee työtä tekevien henkilöiden olla koulutettuja yli 1 kV:n jännitetyöhön.

Talvisin ilmajohtoverkossa tulee ongelmaksi lumikuormat johdoilla. Tykkylumi kasaantuu ja aiheuttaa mekaanista rasitusta johdolle. Lumikuorma voi aiheuttaa vahinkoa johdoille ja kiinnittimille, ja painaa johtoja jopa kosketuksiin maan kanssa. Johtoon kiinni jäänyttä lunta on vaikea irrottaa. Lumikuormien aiheuttamien vahinkojen estämiseen on kehitetty jännitetyöhön soveltuva, lasikuitupäinen eristävä sauva, jolla lumikuormia voidaan helposti pudottaa johdon ollessa jännitteinen. [5]

3.3 Varavoima

Varavoimakone tunnetaan yleisesti vierasperäisellä nimellä, aggregaatti. Aggregaatti on polttomoottorin ja sähkögeneraattorin yhdistelmä, jota voidaan käyttää sähköverkon työkeskeytyksissä tuottamaan sähköä työkeskeytyksen vaikutusalueelle. Aggregaatteja on erikokoisia, pienistä bensiinikäyttöisistä alle 1 kVA:n yksiköistä lähtien suuriin, useamman megawatin dieselkäyttöisiin yksiköihin asti. Jakeluverkossa tarvetta on yleensä 10 - 1000 kVA:n varavoimalle.

Varavoimaa voidaan tarvita keskijänniteverkon vioissa, suurhäiriötilanteissa ja suunnitelluissa keskeytyksissä. Varavoima on erityisen hyödyllinen ratkaisu alueilla, joilla sijaitsee kriittisiä asiakkaita, kuten suurmaataloutta, teollisuutta tai terveydenhoitoon liittyviä toimintoja. Kriittisiksi asiakkaiksi voidaan luokitella asiakkaat, joille yksittäisen keskeytyksen pituus ei saa tilanteesta riippumatta ylittää yhtä tuntia. [18]

Jakeluverkossa tarvitaan erikokoisia siirrettäviä varavoimakoneita. Tarvittavan varavoimakoneen kokoluokka määräytyy jakelukeskeytyksen vaikutusalueella olevan kuorman suuruudesta. Suunnitelluissa keskeytyksissä varavoima voi tulla kannattavaksi kun keskeytyksen vaikutusalueella on esimerkiksi teollisuutta tai suurmaataloutta. Kaupunkiverkossa varavoimaa tarvitaan, jos asiakaskeskeytyksiä ei pystytä estämään rengasverkon kytkentäjärjestelyillä. Tyypillisesti kaupunkiverkossa käytetyt varavoimakoneet ovat 500 kVA:n kokoluokkaa. [5] Kuvassa 8 on FinGenin perävaunussa siirrettävä varavoimakone.



Kuva 8: Perävaunussa kuljetettava 500 kVA:n varavoimakone. Kuvan laite on A & P Lundberg Oy FinGenin toimittama. [19]

3.4 Siirrettävä muuntaja

Siirrettävää 20/0,4 kV:n muuntajaa voidaan käyttää, kun jakelumuuntamon muuntajakone joudutaan vaihtamaan. Siirrettävä muuntaja korvaa vaihdettavan muuntamon töiden ajaksi. Suomessa siirrettäviä muuntajia käytetään vähän, sillä usein sama etu saavutetaan varavoiman tai jakelukeskeytyksen avulla [5]. Varamuuntajan kytkentöihin kuluva aika sekä riippuvaisuus sähkönsaannista rajoittavat sen käytön mielekkyyttä.

Varamuuntajana voidaan käyttää myös normaalia jakelumuuntajaa markkinoilla olevien siirrettävien varamuuntajien sijaan. Tällöin on kuitenkin varmistettava, että turvallisuusvaatimukset täyttyvät.

Siirrettävää muuntajaa voidaan käyttää myös yhdessä varavoiman kanssa syöttämään suurempaa aluetta keskijänniteverkon kautta. Tämä edellyttää, että maa- ja oikosulkusuojaus on hoidettu siirrettävällä muuntajalla varavoimakoneen suojaamiseksi. Tarvitaan siis muuntaja, jossa on maasulkurele ja katkaisija. Muuntaja voidaan liittää verkkoon jännitetyönä. Varavoimakoneen liittäminen muuntajan alajännitepuolelle onnistuu

PJ-kytkimen avulla. Jotta laitos voidaan liittää jännitteeseen verkkoon, tulee katkaisijan pystyä automaattiseen tahdistukseen. [5]

Jotta muuntaja-aggregaattiyhdistelmä voidaan liittää keskijänniteverkkoon, tulee suojausten toimia oikein. Releen asettelu riippuu verkon rakenteesta ja virroista käyttökohteessa. Siksi suojaus on aseteltava aina erikseen jokaista käyttökohdetta varten.

3.5 Ohituskaapeli

Ohitus- eli korjauskaapelia voidaan käyttää sekä PJ- että KJ-puolella vika- tai suunnitellun keskeytyksen yhteydessä. Keskijännitepuolelle on olemassa sekä yksivaiheisia kumikaapeleita että kolmivaiheisia ohituskaapeleita. KJ-verkossa käytetään usein myös normaaleja kolmivaihekaapeleita, jolloin tilapäisessä käytössä maahan jätettäessä kaapelin päälle asetetaan halkaistua muoviputkea lisäsuojaksi. Yksivaiheiset kaapelit ovat helpompia käsitellä ja niiden käytettävyyks on parempi. Korjauskaapeleiden pituus on normaalisti 200 metriä, mutta myös pidempiä, jopa 500 metriä pitkiä yksivaiheisia kumikaapeleita käytetään. [5]

Suunnitelluissa keskeytyksissä korjauskaapeleita voidaan käyttää yksittäisten verkon komponenttien kuten pylvään ohitukseen tai verkon haarakohdissa erottimien ohituksen. Korjauskaapeleita voidaan käyttää ilmajohdon tai maakaapelin tilapäisenä korvaajana verkostotöissä. Kaapelit sisältävät usein valmiit päätteet, joiden avulla niiden kytkeminen verkkoon on nopeaa.

Keskijänniteverkossa korjauskaapeleita käytetään lähinnä saneerauskohteissa ja kaupunkiverkossa lyhyiden muuntamovälien maakaapelin korvaajana työkeskeytyksissä. Saneerattava verkon osa, esimerkiksi pylväs, voidaan ohittaa korjauskaapelilla, jolloin asiakkaille ei aiheudu keskeytystä. Yhdistämällä jännitetyömenetelmät ja korjauskaapelin, voidaan asiakkaille näkyvä keskeytys välttää kokonaan. [5]

Korjauskaapeli voidaan kytkeä ilmajohtoon jännitetyönä eristävien sauvojen avulla, työskennellen koko ajan jännitetyöalueen ulkopuolella. Korjauskaapelia kytkettäessä jännitetyönä, ei kaapeliin saa olla kytkettynä kuormaa. Toinen työmenetelmää rajoittava tekijä on varausvirta, joka rajoittaa kytkettävän korjauskaapelin kokoa. Kaapelin johtimien pituuden ja poikkipinta-alan kasvaessa myös riski varausvirran aiheuttamille ongelmille kasvaa. [5]

3.6 Rengasverkko

Kaupunki- ja taajama-alueilla jakeluverkko on yleensä rakennettu renkaaseen siten, että jokainen syöttöjohto on korvattavissa varayhteydellä. Rengasverkko mahdollistaa keskeytsettömän sähkönjakelun syöttöjohdon vioittuessa tai sen ollessa suunnitellun keskeytyksen vaikutusalueella. Keskijänniteverkon lisäksi usein myös pienjänniteverkkoa voidaan käyttää korvaamaan syöttö alueille, jotka muuten joutuisivat esimerkiksi suunnitellun keskeytyksen vaikutuksesta sähköttömiksi. Tämä edellyttää PJ-yhteyksiä ja jakorajoja muuntopiirien välillä. Esimerkiksi 20/0,4 kV:n jakelumuuntamon ollessa huollossa, voidaan muuntopiirin sähkönjakelu hoitaa yhden tai useamman lähellä sijaitsevan muuntamon kautta kytkentämuutosten avulla, jos muuntopiirien välille on rakennettu PJ-yhteys.

Kaupunki- ja taajamaverkoissa ensisijainen tapa estää jakelukeskeytykset on pienjänniteverkon kytkentämuutokset [5]. Kytkenämuutokset verkossa voidaan tehdä käyttämällä manuaalisesti johtoerottimia tai ohjaamalla kauko-ohjattavia erottimia. Jos pienjänniteverkon varayhteyksiä ei ole, pyritään syöttö korvaamaan keskijänniteverkon varayhteyksillä. Maaseutumaisessa verkossa jakelukeskeytykset pyritään estämään ensisijaisesti keskijänniteverkon kytkentäjärjestelyin.

3.6.1 Kauko-ohjattava pylväserotinasema

Kauko-ohjattava pylväserotinasema koostuu yhdestä tai useasta erottimesta ja niiden ohjauslaitteistosta. Erottimen auki- ja kiinnikytkeminen tapahtuu moottoriohjaimella. Kauko-ohjattavaa erotinta voidaan automaation avulla ohjata verkkoyhtiön keskusvalvomosta. Viestiyhteys valvomon ja erotinaseman välillä on yleensä radioyhteys. Muita käytettyjä viestiyhteyksiä ovat puhelin- ja valokaapeliyhteydet. [20]

3.6.2 Maastokatkaisija

Pylväaseen tai pylvään juurelle asennettavalla kauko-ohjattavalla pylväskatkaisijalla eli maastokatkaisijalla voidaan vähentää asiakkaille aiheutuvien odottamattomien keskeytysten määrää ja pienentää vikojen kestoa ja vaikutusaluetta. Suunniteltujen keskeytysten järjestämisessä maastokatkaisijaa voidaan hyödyntää samoin kuin kauko-ohjattavaa pylväserotinta. Sen avulla voidaan suunnitellun keskeytyksen vaikutusaluetta rajata mahdollisimman pieneksi.

Suomessa käytössä on maastokatkaisijoita, joissa on eristeenä SF₆-kaasua. SF₆-eristeinen katkaisijan etu pylväserottimeen verrattuna on sen vähäinen huollon tarve, mikä vähentää huoltokeskeytyksiä verkossa. [20]

4 Kansainvälinen selvitys

Nykyisten työmenetelmien käytön laajentamisen lisäksi tavoitteena oli selvittää, millaisia toimintatapoja ja työmenetelmiä muissa maissa on käytössä. Kansainvälisiä kokemuksia KAT-menetelmien käytöstä esitellään tässä luvussa. Selvitys on tehty erilaisten tutkimusraporttien, sähköpostikeskustelujen ja haastattelujen avulla. Selvityksen tulokset keskittyvät jännitetyömenetelmiin, sillä muiden jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien kuten varavoiman tai ohituskaapelien käytöstä tietoa ei joko ollut saatavilla tai kyseisiä työmenetelmiä ei juurikaan käytetä.

Haastattelujen kohdemaiksi valittiin Ruotsi ja Norja, joissa regulaatio ja olosuhteet ovat samankaltaiset kuin Suomessa. Haastateltavia yhtiöitä Ruotsissa olivat palveluntuottajayhtiö Vattenfall Service ja verkkoyhtiö Fortum. Tässä luvussa esitetyt asiat perustuvat kansainvälisissä haastatteluissa (katso liite A) kerättyyn tietoon, jollei muuta viitettä mainita.

Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien kehittämiseksi Euroopassa on 1990-luvun alussa perustettu Live Working Association (LWA). LWA:n tavoitteena on edistää jännitetyömenetelmien kehittämistä pien-, keski- ja suurjännitteillä eri maissa. Yhdistyksen perustajamaita ovat Ranskan, Unkarin, Italian, Portugalin ja Espanjan jännitetyökomiteat. Yhdistys järjesti ensimmäisen kansainvälisen jännitetyökonferenssin (ICOLIM), vuonna 1992 ja on järjestänyt konferensseja noin kahden vuoden välein. Nykyisin LWA:iin kuuluvat perustajamaiden lisäksi Saksa, Romania, Tšekki, Puola, Kroatia, Slovenia ja Irlanti. Tässä luvussa on esitelty jännitetyömenetelmien kehittymistä ja kokemuksia jännitetyön tekemisestä muutamassa LWA:n jäsenmaassa.

Kansainvälisesti KAT-menetelmistä puhuttaessa käytetään monenlaisia nimityksiä, eikä aina ole selvää, mistä asiasta puhutaan. Menetelmien käytön laajentamisessa on tärkeää selkeyttää käsitteitä, jottei väärinkäsityksiä synny. Seuraavassa on kansainvälisesti käytettyjä nimityksiä työskentelystä jännitteisessä verkossa.

JT	Jännitetyö. Nykyisin yhdistetään usein vain ilmajohtoverkon sauvamenetelmän käyttöön.
KAT	Keskeytyksiä aiheuttamaton työ: kaikki työ jännitteisessä verkossa.
Live Work (LW)	KAT-menetelmät. Kaikki työ jännitteisessä verkossa.
Live Line Work (LLW)	Jännitetyö ilmajohtoverkossa.
LW-activity	Yksi työ jännitteisessä verkossa. Korvaa yhden suunnitellun keskeytyksen.
Hot Line	Jännitteinen linja
Dead Line	Jännitteetön linja
AMS	Arbete med spänning: Ruotsi, kaikki työ jännitteisessä verkossa.
AUS	Arbeide Under Spänning: Norja, kaikki työ jännitteisessä verkossa.

4.1 Ruotsi ja Norja

Selvitys Ruotsissa ja Norjassa on tehty haastattelemalla verkko- ja palveluyhtiöiden edustajia, sekä sähköpostihaastatteluilla.

Tilanne Ruotsissa ja Norjassa on hyvin samanlainen kuin Suomessa. Työmenetelmiä on kehitetty, mutta asenteet ja konservatiivinen ajattelu alalla ovat jarruttaneet työmenetelmien käytön laajenemista.

Ruotsissa jännitetyöosaaminen on keskittynyt neljän suuren verkkoyhtiön, Vattenfallin, Fortumin, Jämtkraftin ja E.ON:n alueille. Sähköverkkourakoinnin ulkoistaminen ei Ruotsissa ole vielä yleistynyt, vaan asentajat ja kalusto on usein verkkoyhtiöllä. Tästä poikkeuksena on Fortum, joka on ulkoistanut koko rakennus- ja kunnossapitotoimintansa. Ruotsissa jännitetyömenetelmiä kehittää Svensk Energin alaisuudessa toimiva EBR (Elbyggnadsrationalisering). Jännitetyömenetelmiä kehittävään ryhmään kuuluu verkkoyhtiöiden ja palveluntuottajien edustajien lisäksi energia-alan kattojärjestö Svensk Energin sekä Ruotsin sähköturvallisuusviranomaisen edustajia.

Koulutusta jännitetyöhön Ruotsissa järjestää STF, jolla on tähän tarkoitukseen koulutuskeskus Avestassa, joka sijaitsee noin 160 kilometrin päässä Tukholmasta. STF kou-

luttaa asentajia eristävän sauvamenetelmän, käsinemenetelmän ja kohteen potentiaalissa työskentelyn käyttöön.

Turvallisuus

Jännitetyön turvallisuuden varmistaminen nähdään Ruotsissa erityisen tärkeänä. Periaatteena on, että kaikissa yli 1000 voltin jännitetyöissä on oltava vähintään kaksi jännitetyöhön koulutettua henkilöä, joista aina yksi valvoo työtä. Valvojan on jatkuvasti tarkkailtava työn etenemistä, jotta virheiltä vältytään ja ohjeita noudatetaan. Jos valvoja joutuu poistumaan paikalta, on työ keskeytettävä, kunnes valvoja palaa. Koska usein sauvamenetelmällä tehtäessä työhön tarvitaan kaksi asentajaa, on paikalla oltava kolmas henkilö valvomassa työn tekemistä. Tästä syystä Ruotsissa käytetään lähes poikkeuksetta kolmea koulutettua henkilöä jännitetyössä.

Jännitetyö koetaan erotustyötä turvallisemmaksi, sillä työtä tekevä henkilö on koko ajan tietoinen jännitteestä. Turvallisuus jännitetyössä taataan riittävällä suojauksella. Ruotsissa on yleistynyt Ranskan EDF:ltä lainattu kahden suojaustason periaate. Jotta jännitetyö voidaan suorittaa, tarvitaan siis kaksi suojaustasoa, joista toinen voi pettää ilman, että aiheutuu sähkötapaturman vaaraa. Käytettyjä suojausmenetelmiä ovat:

- Eristetyt kengät, hihat ja hansikkaat
- Eristetyt työvälineet ja tarvikkeet
- Eiristetty henkilöhissi/nostokori
- Eristetty tilapäinen työtaso
- Eristetyt matot, peitteet ym.

Suojavarusteet on kaikki mitoitettu käytetylle jännitteelle sopivaksi.

Käytäntönä Ruotsissa on, että kaikki jännitetyövälineet ja -suojat testataan itse vuosittain ja lähetetään kolmen vuoden välein tarkempiin testeihin Norjalaiselle testausyhtiölle. Testaus koskee käsineitä, hihasuojia, sauvoja ja kaikkia muita työvälineitä, joille on määritetty jännitekestoisuus.

Nykytila

Vattenfall Service on kouluttanut yli 200 asentajaa keskijänniteverkon jännitetyöhön, mutta vain osa asentajista tekee jännitetyötä jatkuvasti. Edellytykset jakelukeskeytyksetönnän työn tekemisen laajamittaiselle on täytetty, mutta yhtiöiden tahtotilat jarruttavat vielä toimintaa.

Olosuhteet Ruotsissa ovat samankaltaiset kuin Suomessa: keskijänniterunkoverkko on rakennettu usein renkaaseen, mutta johtolinjat kulkevat metsien halki suoria reittejä. Suuri osa keskijänniteverkosta sijaitsee metsäisässä ympäristössä. Työmenetelmien täytyy soveltua niin metsäisiin kuin talvisiin olosuhteisiin. Ruotsissa tehdään jännitetyötä sekä 12 kV:n että 24 kV:n keskijänniteverkossa.

Ruotsissa on törmätty jännitetyön käytön laajentamisessa samankaltaisiin ongelmiin kuin Suomessa. Jännitetyöllä katetaan jännitetyömenetelmiä käyttävissä yhtiöissä 20–30 % kaikista keskijänniteverkon töistä, jotka muuten aiheuttaisivat jakelukeskeytyksen. Esteet jännitetyön tekemiselle eivät kuitenkaan ole tekniset: Suurimpana syynä menetelmien käytön vähyydelle nähtiin asenteet. Asennemuutos on yhä kesken, vaikka laskelmia jännitetyön kannattavuudesta on tehty yhtiökohtaisesti ja menetelmiä on kehitetty soveltumaan valtaosaan suunnitelluista keskeytystöistä. [21]

4.1.1 Työmenetelmät

Pohjoismaisiin olosuhteisiin jännitetyömenetelmistä on todettu parhaiten soveltuvan sauvamenetelmän. Esimerkiksi Vattenfall Service tekee Ruotsissa 90 % jännitetöistä sauvamenetelmällä. Sauvamenetelmän lisäksi Ruotsissa käytetään kahta muuta menetelmää: työskentely eristävin käesinein ja työskentely kohteen potentiaalissa. Kuvassa 9 tehdään jännitetyötä eristävin käesinein eristävästä nostokorista ja kuvassa 10 toimitaan kohteen potentiaalissa.



Kuva 9: Keskijänniteverkon jännitetyö eristävien käsineiden ja hihasuojien avulla. Toisena suojaustasona on eristävä nostokori. [22]



Kuva 10: Keskijänniteverkon jännitetyö kohteen potentiaalissa toimien. Käytössä maan potentiaalista eristävä nostokori. [23]

Töissä käytetään tavallisesti eristävällä nostovarrella ja eristävällä nostokorilla varustettua erikoisajoneuvoa. Investointi erikoisajoneuvon on suuri, mutta niitä hankkineet yhtiöt näkevät hankinnan osana normaalia vuosi-investointia ja sijoituksena osaamiseen.

Työmenetelmien kanssa ollaan tosissaan ja niillä aiotaan tulevaisuudessa kattaa valtaosa suunnitelluista töistä. Eltel Networksin Ruotsissa käyttämä jännitetyöhön soveltuva ajoneuvo on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11: Unimog-erikoisajoneuvo eristävällä nostokorilla. Valmistaja TIME Versalift. [22]

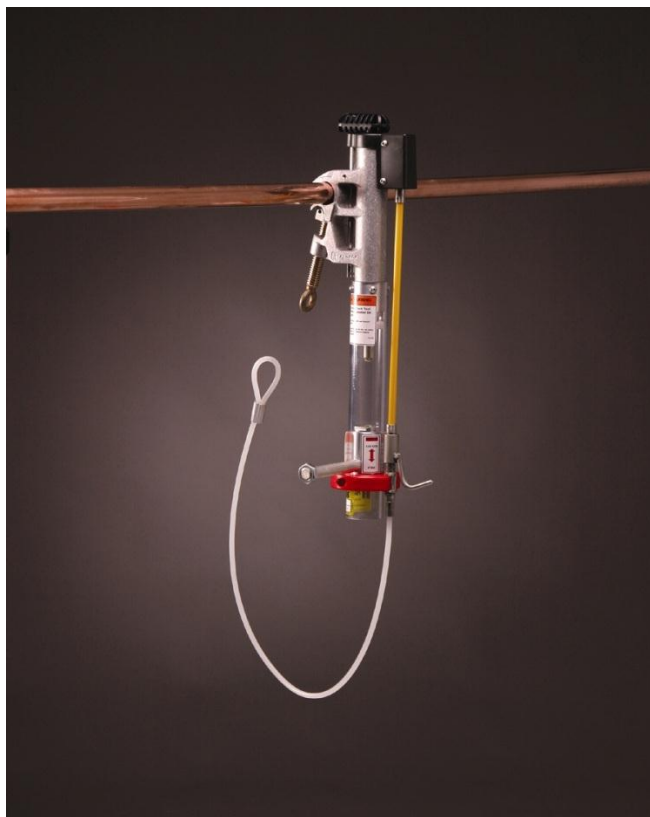
Ruotsissa ohituskaapelia käytetään usein investointitöissä. Kun verkko saneerataan samalle paikalle tai vaihdetaan esimerkiksi orsia, eristimiä tai pylviä, voidaan ohituskaapelia käyttää estämään jakelukeskeytyks. Ohituskaapeli kytketään työkohteena olevan ilmajohtolinjan rinnalle, minkä jälkeen voidaan johtolinja erottaa jännitteisestä verkosta esimerkiksi JT-erotuskohtien avulla, jolloin työ tehdään jännitteettömänä. Ohituskaapeli voidaan kytkeä joko lyhyen keskeytyksen aikana tai kolmivaiheisesti jännitetyönä. Lyhyet kaapelit voidaan kytkeä yksivaiheisesti.

Maakaapelin kytkeminen

Maakaapelin kapasitiiviset ominaisuudet asettavat rajoitteita sen liittämiseksi jännitetyönä. Kytkettäessä maakaapelia jännitteiseen verkkoon vaihe kerrallaan, syntyy kytket-

tyihin vaiheisiin maakaapelin kapasitanssin kautta varausjännite, joka kytkettäessä seuraavia vaiheita aiheuttaa varausvirran kaapelin kytkettyihin johtimiin. Liian suuri varausvirta voi laukaista katkaisijan verkossa. Jos liitettävään kaapeliin on kytketty muuntaja, voi varausvirta ja sen aiheuttama epäsymmetria johtimissa laukaista sulakkeita tai jopa rikkoa muuntajan. Varausvirran suuruus riippuu kaapelin pituudesta ja johtimien poikkipinta-alasta; Mitä pidempi kaapeli ja suurempi poikkipinta-ala, sitä suurempi on varausvirta. 24 kV:n verkossa kaapelin pituus rajoittuu 500 – 1 000 metriin riippuen johtimien poikkipinta-alasta.

Yksivaiheisen kytkemisen aiheuttaman varausvirran ja kuormituksen epäsymmetrian takia voidaan maakaapelikytkennöissä käyttää yksivaiheisia, mukana kannettavia, kuvan 12 mukaisia kytkinkammioita (engl. Load pick-up tool). Kytkinkammiot mahdollistavat maakaapelin liittämisen ilmajohtolinjaan kolmivaiheisesti. Laite on hyödyllinen erityisesti liitettäessä ilmajohtoverkkoon pitkiä maakaapeleita tai kaapeleita, joiden perässä on muuntaja. Ruotsissa on käytössä sekä 12 kV:n että 24 kV:n keskijänniteverkkoon soveltuvat yhdysvaltalaisen valmistajan, Hastingsin kytkinkammiot.



Kuva 12: Katkaisukammio 29,2 kV:n jännitteelle tai 300 A:n virralle. Soveltuu maakaapelin tai johtimen 3-vaiheiseen liittämiseen. Valmistaja Hastings. [24]

Kytkekammion käyttö, asennus ja irrottaminen on mahdollista tehdä jännitetyönä jännitetyökäsineillä tai eristävillä sauvoilla [25]. Eristävillä sauvoilla työ on huomattavasti vaativampaa. Maakaapelin vaihejohtimet liitetään yksivaiheisiin kytkekammioihin, ja kytkekammiot liitetään ilmajohtolinjan vaihejohtimiin. Tämän jälkeen kytkekammion kontakti suljetaan laitteen narusta vetämällä eristävien sauvojen avulla. Liittämisen jälkeen kytkekammio ohitetaan jompeilla, jolloin se voidaan irrottaa ilmajohtodosta ja maakaapelista.

Toinen tapa estää tyhjäksiävän muuntajan rikkoutuminen yksivaiheisesti kytkettäessä on asettaa muuntajan alajännitepuolelle nimellinen kuorma, jolloin muuntaja ei ole enää tyhjäksiävässä tilassa. Vattenfall on käyttänyt tähän 5 kW:n kuormaa.

Pylväänvaihto jännitetyönä

Pylväänvaihtoon kehitetty jännitetyömenetelmä on yleistynyt Ruotsissa. Jännitetyönä pystytään vaihtamaan niin yksittäisiä pylväitä kuin pitkiä johtosuoria. Pylväänvaihto voidaan tehdä viemällä johtimet pylvääseen kiinnitettävien eristävien sauvojen avulla sivuille, tai pystyttämällä apupylväs ja nostamalla johtimet nosto-orrella ylöspäin, jolloin johtimien alle saadaan vaihdettua uusi pylväs.

Pylväänvaihto verkon kulmakohdissa voi olla haastavaa, mutta Ruotsissa on tähänkin kehitetty menetelmä. Kuten pylväänvaihdossa johtosuoralla, voidaan apupylvään avulla verkon kulmakohdissa siirtää johtimet tilapäisesti pois vaihdettavan pylvään luota. Apupylväs sijoitetaan vanhan pylvään taakse kulman ulkopuolelle. Uloin ja keskimmäinen vaihejohdin jännitetään taljan avulla tilapäiseen pylvääseen, minkä jälkeen ne voidaan irrottaa vanhasta pylväästä vaihe kerrallaan ja kiristää kohti apupylvästä. Kolmas, sisin vaihe voidaan päästää vapaaksi sisäkulmaan. Tämän jälkeen vanha pylväs voidaan poistaa ja uusi pystyttää tilalle. Vaihejohtimien palauttaminen tapahtuu kuten edelläkin, mutta käänteisessä järjestyksessä sisimmästä vaihejohtimesta aloittaen. Kulmapylvään vaihtaminen on yhdistelmä sauvamenetelmää ja taljojen käyttämistä.

Verkon ikääntyessä usein pylväät taipuvat, johtimet venyvät, minkä takia pylväsvälien johtokiristykset eivät välttämättä linjan uusimishetkellä ole tarkoitetun mukaiset. Suunnitellusta poikkeavat kiristykset aiheuttavat mekaanista rasitusta verkolle ja lyhentävät komponenttien käyttöikää. Poikkeavat kiristykset aiheuttavat myös haasteita pylvään-

vaihdolle jännitetyönä. Kun pitkiä johtosuoria uusitaan, on johtimien kireydet samalla korjattava.

Ruotsissa tähän on kehitetty ratkaisuksi menetelmä, jolla linjan kiristys saadaan korjattua pylväänvaihdon jälkeen. Pylväänvaihto suoritetaan kuten yksittäisen pylvään vaihdossa, mutta johtimia ei kiedota heti pylväänvaihdon jälkeen uuden pylvään orren eristimiin, vaan eristimiin asennetaan tilapäiset rullakiinnikkeet, joille johtimet asennetaan. Kun johtosuoran kaikki pylvää on vaihdettu, voidaan johtosuoran kireyttä säätää johtimien liikkua rullakiinnikkeissä. Linjaa voidaan kiristää kuvan 13 mukaisilla jännitetyöhön soveltuvilla kiristysvetimillä. Lopuksi johtimet kiedotaan orsien eristimiin ja tilapäiset rullat poistetaan. Työmenetelmä mahdollistaa usean peräkkäisen pylvään vaihtamisen johtosuoralla.



Kuva 13: Jännitetyöhön soveltuva työkalu (engl. tension puller switching tool) ilmajohdon vaihejohtimien kiristämiseen. Saatavana veitsierottimellisena tai ilman erotinta. Voidaan käyttää verkon kulmakohdissa vaihejohtimien kiristämiseen apupylväälle. [26]

Katkaisijaperävaunu

Tilanteisiin, joissa tarvitaan ohituskytkentä, voidaan Ruotsissa käyttää kuvan 14 mukaista liikkuvaa katkaisijaperävaunua. Katkaisijaperävaunussa on mukana kuusi yksivaiheista kaapelia, jotka on yhdistetty katkaisijaan, kolme kaapelia kullekin puolelle. Katkaisijaa voidaan kaapelien avulla käyttää ohittamaan jokin verkon komponentti. Kaapelit kiinnitetään molemmille puolille komponenttia, minkä jälkeen katkaisija suljetaan ja komponentti voidaan huoltaa tai vaihtaa. Liikkuvaa katkaisijaa voidaan siis käyttää työerottimena esimerkiksi haarajohdoilla. Katkaisijaperävaunun kaapeleiden kytkeminen tapahtuu aina eristävää sauvaa ja eristäviä suojia käyttäen apuna käyttäen. Muut kuin työn alla oleva vaihe on suojattava kosketukselta työn ajaksi.



Kuva 14: Siirrettävä katkaisija varustettuna ohituskaapelikelloilla. [23]

Liikkuva katkaisijaperävaunu soveltuu myös maakaapelien tai ohituskaapelien liittämiseen jännitteeseen verkkoon. Koska liittäminen voidaan katkaisijan avulla tehdä kolmivaiheisesti, pitkienkin maakaapelien kytkeminen on mahdollista. Laite soveltuu siis erityisen hyvin kaupunkien ja taajamien maakaapeliverkon töihin.

4.2 Live Work Association -maat

Tähän alalukuun on kirjallisen selvityksen pohjalta koottu tietoa KAT-menetelmien käytöstä joissain Euroopan maissa. Selvityksessä tarkastellut maat kuuluvat Eurooppalaiseen ”Live Working Association”-yhteistyöjärjestöön.

Yhteistä LWA:iin kuuluville maille on se, että yleensä maissa valitaan aina kahta suojaustasoa jännitetöissä. Tämän vuoksi jännitetö luokitellaan näissä maissa erotustyötä turvallisemmaksi tavaksi tehdä työtä.

4.2.1 Saksa

E.ON Bayern on yksi suurimmista alueellisista verkkoyhtiöistä Saksassa. 20 kV:n keskijänniteilmajohtoverkkoa yhtiöllä on noin 24 700 kilometriä. E.ON Bayern on ottanut käyttöön keskijänniteverkkoonsa soveltuvat jännitetyömenetelmät. Vuosina 2002–2005 E.ON Bayernin verkkoalueella toteutettiin noin 1 000 jännitetyöprojektia, jotka koostuivat yhteensä noin 2 300:sta erilaisiin jännitetyömenetelmin tehdyistä toimenpiteistä – ilman ainuttakaan tapaturmaa. Vuonna 2006 toiminnassa oli kaksi jännitetyöryhmää, joilla on käytössä eristävin henkilönosturein varustetut ajoneuvot, eristävät työkalut ja suojavarusteet. Työtä tehtiin sauvamenetelmällä ja eristävin käsinein. Työmenetelmillä on voitu tehdä seuraavanlaisia töitä:

1. Veto-, riippu- ja tappieristimien vaihtaminen,
2. puupylväiden ja orsien vaihtaminen,
3. lintusuojien asennus,
4. JT-erotuskohtien asentaminen,
5. vioittuneiden johtimien korjaaminen,
6. oikosulkuilmaisimien asentaminen,
7. haarajohtojen kytkeminen ja irrottaminen ja
8. pylväiden lisääminen suoralla linjalla (johtimia nostamalla). [27]

Yleisimmin käytetyksi jännitetyömenetelmäksi E.ON Bayernin verkkoalueella on nousut JT-erotuskohtien rakentaminen. Erotuskohdilla rajataan työalue ja saatetaan se jännitteettömäksi. Toisin kuin Suomessa, erotuskohtia ei jätetä verkkoon, vaan ne poistetaan työn jälkeen. Erotuskohdat voidaan avata ja sulkea maasta eristävillä teleskooppisauvoilla, jos johtimien korkeus ei ylitä 9 metriä. [27]

Jännitetyö eristävin käsinein on todettu turvalliseksi, taloudelliseksi ja asiakaslähtöiseksi ratkaisuksi, kun varavoiman käyttö, viikonlopputyöt, keskeytysilmoitusten lähettäminen ja verkon kytkentätyöt jäävät pois. [27]

4.2.2 Tšekki

Tšekissä jakeluverkkoyhtiö E.ON Czech Republic käynnisti vuonna 2003 toiminnan kehittämiseen tähtäävän hankkeen, jonka yhtenä tavoitteena oli jännitetöiden tuominen 22 kV:n keskijänniteilmajohtoverkon töihin. Hankkeessa selvitettiin muun muassa jännitetyömenetelmien taloudellisia vaikutuksia. Hankkeen seurauksena vuonna 2004 aloi-

tettiin jännitetyökokeilu, jota varten koottiin viisi jännitetyöryhmää, jossa jokaisessa oli viisi asentajaa. Kehittämishankkeen perusteella jännitetyömenetelmäksi valittiin työskentely eristävien käsineiden avulla, eli ”kumihanskatyöskentely”. Ryhmät käyttivät eristäviä, 26,5 kV:n jännitteelle mitoitettuja kumisia, eristäviä työhansikkaita ja hiha-kappaleita. Hankkeeseen haettiin apua E.ON Bayernilta, Saksasta. [28]

Kokeiluun valitut asentajat koulutettiin työhön perusteellisesti. Jännitetyökoulutukseen sisältyi 10 päivää jännitteettömässä linjassa työskentelyä, 10 päivää jännitteisessä linjassa työskentelyä, loppukoe ja viisi päivää jännitetyötä kouluttajan valvomana. [28]

Työryhmät koostuivat viidestä henkilöstä: yksi jännitetyökoordinaattori eli jännitetyön johtaja, yksi teknikko ja kolme muuta asentajaa. Koordinaattorin tehtävänä oli suunnitella työt, arvioida työmenetelmän käytettävyyttä, järjestää ajankohdat, materiaalit, sekä huolehtia työvälineiden kunnosta. Teknikko toimi tavallisesti linjamiesten kanssa, mutta voi korvata koordinaattorin tarvittaessa. Työn tekemiseen arvioitiin tarvittavan kolme henkeä, jotka voivat olla ketkä tahansa viidestä ryhmään kuuluvasta henkilöstä. [28]

4.2.3 Slovakia

KAT-menetelmien tilannetta Slovakiassa on selvitetty tässä alaluvussa vuoden 2006 ICOLIM:iin laaditun raporttiin [29] perustuen. Raportti on slovakialaisen verkkoyhtiön, Východoslovenská energetika AS:n (VSE) laatima.

Jännitetyö ilmajohtoverkossa 22 kV:n keskijännitteellä alkoi jakeluverkkoyhtiö VSE:ssä vuonna 1999 pilottikokeilulla, joka koostui viiden asentajan ja kolmen teknikon ryhmästä. Ryhmä käytti eristävän sauvan työmenetelmää. Työmenetelmä otettiin käyttöön saman vuoden aikana. Vuonna 2000 käynnistettiin toinen pilotti, jossa käytettiin eristävien käsineiden työmenetelmää, sekä työkohteen kanssa samassa potentiaalissa työskentelyä. Vuoteen 2003 mennessä kaikki kolme jännitetyömenetelmää oli otettu normaali työsken- telykäytännöksi toisessa työryhmässä. Vuonna 2005 VSE:llä oli kolme toimivaa työryhmää, jotka tekivät jännitetyötä kaikilla kolmella työmenetelmällä.

Jännitetyöt ovat toistaiseksi rajoittuneet lähinnä lintuesteiden asentamiseen ja linjaerot- timien vaihtamiseen. Näiden lisäksi tehtäviä toimenpiteitä ovat tappieristimien vaihto sekä ilmajohtolinjojen liittäminen ja irrottaminen. Käytössä on eristämättömällä nosto- korilla varustettuja ajoneuvoja kevyihin sauvamenetelmällä tehtäviin töihin sekä eristä- vällä nostokorilla varustettuja ajoneuvoja vaativampiin jännitetöihin.

4.2.4 Puola

Selvitys KAT-menetelmien tilanteesta Puolassa perustuu Puolan siirtoverkonhaltijan PSE SA:n tytäryhtiö EPC SA:n raporttiin [30]. Selvityksen tulokset on esitetty tässä alaluvussa.

Puolassa on tehty jännitetyötä ilmajohtoverkossa jo vuosikymmeniä pienjännitteellä. Myös keskijännitteellä (1- 30 kV) on menetelmien kehitys edennyt viime vuosina. Jännitetyön kehittäminen on tapahtunut Ranskan, Saksan, Irlannin, Italian ja Unkarin asiantuntijoiden kanssa yhteistyössä. Vuonna 2008 Puolassa järjestettiin kansainvälinen jännitetyökonferenssi ICOLIM. Kansainvälinen yhteistyö on edesauttanut teknologioiden vaihtamista ja uuden tekniikan käyttöönottoa. Tämä on edistänyt kilpailun kehittymistä kansallisesti.

Puolassa käytetään seuraavia jännitetyömenetelmiä jakeluverkon töissä:

1. Työ eristävin käsin
2. Työ eristävien sauvojen avulla
3. Edellisten yhdistelmä

Pienjänniteverkon kunnossapitotyöt voidaan käytännössä kokonaan tehdä käsinemennelmällä. Keskijänniteverkon töissä käytetään 36 kV:n jännitteelle mitoitettuja hanskoja ja hihasuojia, sekä eristäviä nostokoreja tai eristäviä tikapuita. Jakelukeskeytyksettömät työmenetelmät nähdään perinteisiä työtapoja paljon turvallisempana.

Jännitetyömenetelmiä käytetään Puolassa myös suurjänniteverkossa. Sauvamenetelmää käytetään 110 kV:n jännitteellä, mutta suuremmilla jännitteillä eristävien hanskojen ja sauvamenetelmän sijasta jännitetyö tehdään usein kohteen potentiaalissa.

Jännitetyömenetelmien lisäksi osana jakelukeskeytyksetöntä työskentelyä nähdään Puolassa tärkeänä tilapäiset sähkönjakelun menetelmät, kuten varavoima ja ohituskaapelit. Myös helikopterin avulla tehtävää jännitetyötä on kehitetty ja käytetään linjojen tarkastamiseen, kunnon arviointiin ja kunnossapitoon. Tulevaisuudessa teknologian kehittämisen odotetaan johtavan automaation ja robotiikan yleistymiseen jakelukeskeytyksettömissä töissä.

5 Nykytilan selvittäminen Suomessa

Tässä luvussa käsitellään jakeluverkon keskeytyksiä aiheuttamattomia työmenetelmien nykytilan empiiristä selvitystä. Luvussa esitellään selvityksen tutkimusmenetelmät, etenmistavat ja käsiteltyjä teemoja. Empiirisen tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä jakelukeskeytyksettömiä tehdään, sekä kartoittaa verkko- ja palveluntuottajayhtiöiden näkemyksiä työmenetelmien hyödyistä, esteistä ja käytettävyydestä.

5.1 Tutkimusmenetelmät

Empiirinen kartoitus tehtiin haastattelemalla 9 verkkoyhtiötä, 10 palveluntuottajayhtiötä ja jännitetyökouluttajaa Suomessa. Yhteensä haastatteluihin osallistui 34 henkilöä eri yhtiöistä. Tarkoituksena oli selvittää KAT-menetelmien käytön nykytilannetta ja käyttöpotentiaalia taloudellisten vaikutusten näkökulmasta. Haastattelut tehtiin toukokuuskuussa 2012 pääasiassa haastatelluissa yhtiöissä. Haastattelut olivat kestoltaan 1-2,5 tuntia.

Haastateltavat yhtiöt valittiin siten, että ne edustaisivat mahdollisimman hyvin Suomen koko jakeluverkkoa – erilaisia olosuhteita ja verkon rakennetta. Haastateltavat henkilöt yhtiöt valitsivat itse. Haastatteluihin pyrittiin saamaan henkilöitä tilaus-toimitusketjun eri vaiheista, jotta saataisiin näkemyksiä erilaisista näkökulmista. Työhön haastateltiin muun muassa verkon suunnittelun ja kehittämisen, rakennuttajan, käytönsuunnittelun, työnsuunnittelun ja työnjohdon henkilöitä. Haastatellut henkilöt ja yhtiöt on eritelty liitteessä A. Osa haastatteluista tehtiin sähköpostitse tai puhelimitse. Haastateltavat saivat etukäteen tutustuttavaksi työn tutkimussuunnitelman tiivistelmän sekä aiheeseen liittyviä ydinkysymyksiä. Haastateltaville ennakoon toimitetut kysymykset olivat seuraavanlaisia:

1. Mistä verkostourakan tilaus- ja toimitusprosessi muodostuu? Mistä osista tilaus-toimitusketju koostuu? Millä tavoilla nämä osat toimivat keskenään?
2. Mitä jakelukeskeytyksettömiä työmenetelmiä käytetään ja kuinka paljon? Millaisia kokemuksia jakelukeskeytyksettömistä työmenetelmistä yhtiössänne on? Mitä kehittämismahdollisuuksia työmenetelmissä näette?

3. Mitkä ovat jakelukeskeytyksettömän työn tekemisen keskeiset esteet ja ongelmat ilmajohtoverkossa? Millaisia keinoja on olemassa näihin esteisiin ja ongelmiin vaikuttamiseksi?
4. Mitkä ovat jakelukeskeytyksettömän työn tekemisen keskeiset esteet ja ongelmat maakaapeliverkossa? Millaisia keinoja on olemassa näihin esteisiin ja ongelmiin vaikuttamiseksi?
5. Mitkä ovat jakelukeskeytyksettömän työn taloudelliset vaikuttimet teidän kannaltanne? Miten taloudelliset vaikuttimet on huomioitu työmenetelmän valinnassa? Millaisia hyötyjä näette katkottomassa työssä? Mitkä taloudelliset tekijät vaikuttavat työmenetelmien kysyntään ja sen lisäämiseen?
6. Selvityksen tavoitteena on mm. tietoisuuden lisääminen jakelukeskeytyksettömistä työmenetelmistä. Mitkä ovat ne keinot, joilla työmenetelmät voitaisiin saada normaaliksi sähköverkkorakentamisen käytännöksi? Miten tietoisuutta tulisi edistää?

Haastattelumetodina käytettiin teemahaastattelua. Haastattelutilanteissa pyrittiin luomaan avoin keskustelun ilmapiiri, jossa pohdittaisiin KAT-menetelmien kipukohtia ja käyttömahdollisuuksia. Koska yleistä näkemystä nykytilanteesta ei ollut, oli kysymyksen laatiminen ennakoon haastavaa. Siksi haastatteluissa lähdettiin liikkeelle edellä mainittujen teemakysymysten ja tutkimussuunnitelman tiivistelmän pohjalta. Keskustelu eteni usein siten, että ensin esiteltiin työn ja haastattelujen tavoitteita, minkä jälkeen haastateltava tai haastateltavat kertoivat yhtiön toimintatavoista ja KAT-menetelmien käytöstä. Haastattelijä esitti tarkentavia ja keskustelun suuntaa ohjaavia kysymyksiä. Kirjallisten muistiinpanojen lisäksi osa haastatteluista tallennettiin haastateltujen suostumuksella nauhalle. Nauhoittamisella haluttiin varmistaa, että haastattelutilanteessa voitiin täysin keskittyä keskusteluun, ja että tarkemmat yksityiskohdat pystyttiin tarkistamaan myöhemmin nauhalta. Nauhoitteet osoittautuivat kuitenkin hankalaksi hyödyntää haastattelujen pituuden takia, minkä takia myöhemmissä haastatteluissa nauhoitusta ei enää käytetty, kun keskusteltavat teemat ja aihealue tulivat haastattelijalle tutummaksi.

Verkkoyhtiöiden haastatteluissa painopiste oli jakelukeskeytyksettömässä työssä valvontamallin kautta saatavassa hyödyssä, töiden tilaamisessa ja jakelukeskeytysten vä-

hentämiseen ohjaavissa menetelmissä. Palveluntuottajien kanssa käydyissä keskusteluissa pohdittiin lisäksi teknisiä haasteita, työmenetelmien erilaisia työskentelyolosuhteita ja yritystoiminnan riskiä. Molempien kanssa käsiteltiin urakointisopimusten ja tarjouspyyntöjen ehtoja, KAT-menetelmien väline- ja laitehankintojen aiheuttamaa kustannusrasitetta ja omistajuutta.

Haastattelujen pääpaino oli tilaus-toimitusketjun toiminnan ymmärtämisessä, eri yhtiöiden näkemysten ja asenteiden sekä KAT-menetelmien taloudellisten vaikutusten selvittämisessä. Tavoitteena oli siis KAT-menetelmien nykytilan ymmärtäminen. Haastattelulla selvitettiin, millaisia kipukohtia työmenetelmiin liittyy ja miten niiden käyttöä voitaisiin edistää. Pitkän aikavälin tavoitteena on saada KAT-menetelmät normaaliksi työskentelykäytännöksi jakeluverkon suunnitelluissa töissä.

Verkko- ja palveluntuottajayhtiöltä kerättiin tietoa työmenetelmäkohtaisista kustannuksista ja kustannusten jakautumisesta yksittäisten työkohteiden eri työvaiheille. Näitä tietoja käytettiin laskentaparametrien määrittämiseen taloudellisessa tarkastelussa. Laskelmien avulla oli tarkoitus tuoda esille, mitä eri komponentteja suunniteltujen töiden kustannuslaskelmissa tulee huomioida. Tietoja saatiin lopulta vain 5 eri yhtiöltä. Yhtiösalaisuuksia suojelemiseksi laskennassa käytettiin siksi kerättyjen lukujen keskiarvojen sijasta yhtiöiltä haastatteluissa ja kyselyillä saatujen tietojen perusteella valittuja suuntaa-antavia laskenta-arvoja.

6 Selvityksen tulokset

Tässä luvussa esitellään haastattelujen tulokset koottuna erilaisiin kokonaisuuksiin. Luvussa esitetyt asiat perustuvat diplomityötä varten tehtyihin haastatteluihin [5], ellei muuta lähdettä mainita. Haastatellut henkilöt ja yhtiöt on esitetty liitteessä A.

Luvussa esitetään verkko- ja palveluntuottajien näkemyksiä nykyisen tilaaja-palveluntuottajamallin ja työmenetelmien teknistaloudellisten vaikutusten asettamista haasteista. Ensin tarkastellaan jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien nykytilaa ja keskeisiä haasteita, työmenetelmien hyödynnettävyyttä erikseen ilmajohto- ja maakaapeliverkossa, sekä tilaaja-palveluntoimittajasuhteen haasteita. Tällä jaottelulla on pyritty kuvaamaan jakelukeskeytyksettömiä työmenetelmiä yleisesti ja niiden käytettävyyttä erilaisissa toimintaympäristöissä. Lopuksi tarkastellaan haastatteluissa esille tulleita keinoja, joilla työmenetelmien käyttöä voidaan edistää. Tulokset on jaoteltu muutamiin haastatteluissa keskeisiksi teemoiksi nousseisiin osiin.

Tilaajalla tarkoitetaan tässä työssä jakeluverkkotöiden tilaajaorganisaatiota eli sähköverkkoyhtiötä. Sähkötekniisiä urakointipalveluja tarjoavasta palveluyhtiöstä käytetään lisäksi nimityksiä palveluntuottaja ja palveluntoimittaja. Tilaajan ja palveluntuottajan välisestä suhteesta käytetään nimitystä palveluntoimittajasuhde.

6.1 Työmenetelmien nykytila ja kipupisteet

Haastatteluissa selvitettiin KAT-menetelmien käyttöä Suomessa erilaisissa toimintaympäristöissä. Maantieteelliset ja verkon rakenteelliset erot ovat vaikuttaneet työmenetelmien valintaan. Käytetyt työmenetelmät vaihtelevat yhtiöstä toiseen.

Valtaosa verkon töistä tehdään edelleen erotustyönä eli työnä jännitteettömässä verkossa. KAT-menetelmien hyödyntäminen on edennyt eri yhtiöissä hyvin eri tahtia – työmenetelmien käyttöaste vaihtelee paljon yhtiöstä toiseen. Myös näkemykset työmenetelmien käytettävyydestä erosivat huomattavasti eri yhtiöissä. Osassa haastatelluista yhtiöistä ei vielä käytetty jännitetyömenetelmiä ollenkaan. Toisissa yhtiöissä taas KAT-menetelmät on jo otettu osaksi normaalia toimintaa.

Yhtiöissä, jotka ovat edenneet nopeammin KAT-menetelmien käyttöönotossa, on menetelmien hyödyt tunnistettu yhtiön normaalissa toiminnassa. KAT-menetelmät ovat helpottaneet palveluntuottajan töiden organisointia. KAT-menetelmien urakkahinnat ovat

lähes erotustyön tasolla, mutta hieman suuremmat. Jännitetöille on usein määritetty jo yksikköhinnat. Yksikköhintojen määrittäminen helpottaa myös työmenetelmien kokonaiskustannusten arviointia.

Määriteltäessä tavoiteaikoja työlle, on tarkasteltava kustannus- ja työrasitetta kokonaisvaltaisesti. Verkkoyhtiö myöntää yleensä enintään 3-4 tunnin yhtäjaksoisen keskeytyksen verkostotöihin. Eräässä verkkoyhtiössä pyritään jopa 1 tunnin tavoiteaikaan edellyttämällä urakoivalta yhtiöltä selvitystä tämän ajan ylittävistä keskeytyksistä. Normaalityöaikana tehtävät työt rajoittuvat valmistelevia toimenpiteitä lukuun ottamatta tähän keskeytysaikaan. Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien hyödyntäminen vapauttaa koko normaalityöajan, 8 tuntia, käytettäväksi työhön ja siihen liittyviin valmisteleviin toimenpiteisiin. Jos työ tehdään erotustyönä, täytyy asentajien ensin siirtyä linjaerottimille työkohteen rajaamiseksi ja erottamiseksi muusta verkosta, ennen siirtymistä työkohteeseen ja työn aloittamista. Vaikka käytössä olisi kauko-ohjattavia erottimia, on jännitteettömyys varmistettava lukitsemalla erottimet ja siten estämällä niiden jälleenyhteyttä. Työn päätyttyä on lukitukset käytävä poistamassa erottimilta. Tähän kaikkeen kuluva aika on otettava huomioon arvioitaessa työn kustannuksia ja tavoiteaikoja.

Olemassa olevien ja uusien työmenetelmien kehittäminen nähtiin ongelmalliseksi. Verkkoyhtiöillä on taloudellinen intressi ottaa KAT-menetelmiä käyttöön. Kuitenkin yhtiöissä, joissa käytettyjä KAT-menetelmiä on onnistuneesti kehitetty, on kehittäminen tapahtunut verkkoyhtiön ja tämän sopimusurakoitsijan yhteistyöllä. Verkkoyhtiöt näkivät, että nykyisiä työmenetelmiä tulisi ensin saada hyödynnettyä paremmin, ennen kuin kehitetään uusia menetelmiä.

Työmenetelmien kehittämisen hyöty näkyy verkkoyhtiölle edullisempina urakkahintoina tai keskeytysaikojen tai -määrän pienenemisenä. palveluntuottajalle työmenetelmien edut voivat näkyä työn helpottumisena, työn tehokkuuden lisääntymisenä ja taloudellisenä hyötynä töiden katteessa.

6.1.1 Jännitetyömenetelmät

Vaikka jännitetyö on joissain kohteissa tavanomaista erotustyötä kalliimpaa, tarjoaa se verkkoyhtiölle säästöjä KAH-kustannusten vähentymisen kautta sekä parantaa asiakas-tyytyväisyyttä aina, kun suunnitellun työn tekemisestä keskeytyksellä aiheutuisi asia-

kaskeskeytyksiä. Jännitetyö vähentää myös kytkentäsuunnittelun ja kytkentäjärjestelyjen tarvetta.

Yhtiöissä, joissa tehdään keskimääräistä enemmän jännitetöitä, on huomattu kyseisen työmenetelmän helpottavan töiden suunnittelua ja ketjutusta. Jännitetöiden tekeminen myös keventää käyttöhenkilökunnan työtaakkaa kytkentäsuunnittelun helpottuessa.

Kytkeätyöt

Maakaapelin liittämistä ilmajohtoon jännitetyönä rajoittaa maakaapelin pituudesta ja taustaverkon laajuudesta riippuva varausvirta. Liitettäessä maakaapeli ilmajohtoon vaihe kerrallaan, varautuu maakaapelin kapasitanssin johdosta jo kytkettyihin vaiheisiin kapasitiivista varausvirtaa. Käytännön kokein on havaittu, että jännitetyönä liitettäessä korkeintaan 1 000 metrin pituinen maakaapeli, ei varausvirroista aiheudu haittaa. Liian pitkiä maakaapeleita liitettäessä varausvirrat ovat kuitenkin aiheuttaneet muun muassa ylijännitesuojien laukeamista läheisellä muuntamolla.

Jännitetyökytkemistä voidaan hyödyntää verkon saneerauksissa ja uudisrakentamisessa. Saneerattaessa verkkoa uuteen paikkaan, voidaan liittäminen verkkoon tehdä jännitetyönä siihen soveltuvilla liittimillä. Työmenetelmä soveltuu uusien muuntajien, pylväserottimien ja maastokatkaisijoiden liittämiseen ja irrottamiseen jännitetyönä. Pylväserottimien ja maastokatkaisijoiden erottaminen verkosta ja huoltaminen on helppoa tilanteissa, joissa ne on rakennettu johtolinjan alle riittävän turvaetäisyyden päähän johtimista ja kytkeminen on tehty JT-liittimillä.

JT-erotuskohta

JT-erotuskohdan käyttöön kahden sähköaseman välisellä johdolla liittyy rajoitteita. Tällaisessa kohteessa potentiaali eri puolilla auki olevaa erotuskohtaa voi olla erisuuruinen, jolloin kytkettäessä tai avatessa erotuskohtaa on olemassa valokaaren vaara. Tällaisissa paikoissa voidaan erotuskohta avata ja kytkeä vain, kun potentiaaleja tasaavien tasausvirtojen kulku johdoilla on estetty linjaerottimien avulla, eli syöttö johdolle toiselta sähköasemalta on estettävä. Tämän jälkeen erotuskohta voidaan avata jännitteisenä.

JT-erotuskohdan rakentaminen on investointi, joka huomioidaan myös Energiamarkkinavirastolle raportoituessa. Komponentti on huomioitu Energiamarkkinaviraston vaatimassa yksikkö hinnastossa nimellä ” Johtoerotin, 1-vaiheinen huoltoerotin”.

Pylvään tai orren vaihtaminen

Työmenetelmän käyttöön liittyy ennakkoluuloja ja osin väärää tietoa työmenetelmän käyttömahdollisuuksista ja rajoittavista tekijöistä. Työmenetelmässä nähdään käytettävyyttä rajoittavia teknisiä ongelmia, jotka jännitetyökouluttajan mukaan eivät estä työmenetelmän käyttöä. Esimerkiksi vanhoissa pylväissä, joissa on koukku-eristin-rakenne, on pylväänvaihto jännitetyönä todettu haastavaksi. Kyse voi olla tottumattomuudesta tai riittämättömästä opastuksesta työmenetelmän käyttöön.

Verkkoyhtiön kannalta tällä hetkellä työmenetelmän käytettävyyttä rajoittaa taloudellinen kannattavuus; palveluntarjoajilla ei ole perinteisen katkotyön kanssa kilpailukykyisiä hintoja pylväänvaihdolle jännitetyönä.

Pylväänvaihto jännitetyönä soveltuu nykyisellään yksittäisten pylväiden vaihtoon. Pitkillä johtosuorilla sen sijaan käytettävyyks on rajoittunutta. Usein verkossa tapahtuu vuosien varrella ympäristön, erityisesti sääolojen aiheuttamia muutoksia, kuten pylväiden vinoutumista ja johtimien venymistä. Pylväiden vinoutuminen voi saada aikaan sen, että toisissa pylväsväleissä johtimet ovat tarkoitettua kireämmällä ja toisissa tarkoitettua löysemmällä. Johtovälien oikea kireys edesauttaa verkon vikasietoa ja säilymistä käytökelpoisena käyttöikänsä loppuun. Siksi pylväitä vaihdettaessa tulee tällaiset kohdat korjata. Työtä ei tällöin yleensä voida tehdä jännitteisenä. Jännitetyönä pylväänvaihto voidaan nykyisin käytössä olevilla menetelmillä tehdä tilanteissa, joissa johdon kireys on jo valmiiksi kunnossa.

Jännitetyöhön soveltuvaa nosto-ortta voidaan käyttää tilapäisenä ortena, kun johtimet halutaan työn ajaksi siirtää tilapäiselle apupylväälle tai nostaa korkeammalle ilmaan olemassa olevalla pylväällä.

6.1.2 Varavoima

Verkko- ja palveluntuottajayhtiöillä on varavoimakoneita, mutta usein niitä on vain muutamia valmiuden ylläpitämiseksi. Varavoiman käytön osaamisen ylläpitäminen on monessa yhtiössä jäänyt vähälle huomiolle. Varavoimalle on enemmän käyttöä vika-keskeytystilanteissa kuin suunnitelluissa verkostotöissä.

Varavoimakoneiden omistajuus vaihtelee alueittain. Yleisesti verkkoyhtiöissä nähdään, että varavoimakoneiden tulisi olla palveluntuottajan omistuksessa. Palveluntuottajan puolella mielipiteet jakautuvat omistajuuden suhteen.

Varavoiman käyttömahdollisuuksia määrittäviä tekijöitä ovat verkon rakenne, taloudellinen käytettävyyys ja tottumukset. Verkon rakenteessa erityisesti muuntamoiden rakenne on syynä varavoiman käytön vähyydelle. Nykyään käytetään yhä enemmän puistomuuntamoita myös kaupunki- ja taajama-alueiden ulkopuolella. Jos puistomuuntamon suunnittelussa ei ole otettu huomioon varavoiman liitettävyyttä, on liittäminen työlästä, vaatii pidemmän kytkentäkeskeytyksen tai liittäminen voi olla jopa mahdotonta tehdä sähkötyöturvallisuussuosituksia noudattaen. Varavoiman käytön edistämiseksi on uusia puistomuuntamoita suunniteltaessa ja tilattaessa otettava huomioon varavoiman liitettävyyys. Joissain yhtiöissä uusille puistomuuntamoille on asetettu kriteeriksi varavoiman liitettävyyys.

Aiemmin varavoiman käyttö oli normaali osa keskeytystyötä niin viankorjauksessa kuin suunnitelluissa verkostotöissä. Nykyään varavoimakoneita on kohtalaisen vähän ja ne nähdään kalliina vaihtoehtona. Aggregaatin kuljetus- ja polttoainekulut ovat korkeat ja kone voidaan yksinään liittää vain pienjänniteverkkoon. Suuret kuormituksen vaihtelut syöttöalueella voivat tehdä varavoiman mitoittamisen ja käytön haastavaksi. Varavoiman käyttöä voi rajoittaa myös tottumattomuus. Varavoiman liittäminen ja käyttö voidaan nähdä liian hankalana tai se on liian aikavievää hyötyyn nähden.

Varavoimaa käytetään usein kaupunkimaisessa verkossa, kun kytkentäjärjestelyillä ei pystytä täysin korvaamaan vioittunutta tai suunnitellun keskeytyksen vaikutuspiirissä olevaa verkon aluetta. Kaupungeissa pienjänniteverkko on usein pyritty rakentamaan siten, että muuntopiirin varasyöttö onnistuu viereisten muuntopiirien PJ-verkon kautta. Kun varayhteys ei ole käytettävissä tai sen siirtokapasiteetti ei ole riittävä, voidaan alu-

etta tukea varavoimalla. Tällainen voi olla tarpeellista esimerkiksi muuntamohuollon yhteydessä.

Kiinteistömuuntamot sijaitsevat usein sellaisessa paikassa, että varavoiman käyttö ensisijaisen syötön korvaajana on hankalaa tai jopa mahdotonta. Varavoimakoneen käyttöä kiinteistömuuntamoissa voi rajoittaa pääsy muuntamolle, liitântäkaapelien lyhyys ja liittäminen, sekä varavoiman sijoittaminen. Turvallisuussyistä aggregaattia ei voida viedä sisätiloihin, vaan syöttö on toteutettava rakennuksen ulkopuolelta liitântäkaapeleilla.

Varavoiman liittäminen rinnalle verkkoon onnistuu verkon ollessa jännitteinen, mikäli varavoimalle on kytkimellinen liitântäpiste pienjännitekojeistossa. Työkeskeytyksen jälkeen saarekealueen liittäminen verkkoon aiheuttamatta jakelukeskeytystä on nykyisin haastavaa. Jotta varavoimaa voitaisiin käyttää kokonaan aiheuttamatta jakelukeskeytyksiä, on tähän kehitettävä menetelmä. Verkkoon liittäminen jännitteisenä onnistuu kuitenkin jo nyt, mikäli taajuus saarekeverkossa ei merkittävästi poikkea verkon 50 hertsistä. Liittämiseen ilman jakelukeskeytystä on yhtiöissä kehitetty erilaisia kokeellisesti havaittuja keinoja. Liittäminen voidaan tehdä esimerkiksi yleismittarien avulla ajoittamalla kytkeminen jännitteen nollakohtaan.

6.1.3 Siirrettävä muuntaja

Siirrettävän varamuuntajan käyttäminen jakeluverkossa on Suomessa harvinaista. Varamuuntajan ongelmana ovat harvat käyttökohteet ja käytön hankaluus. Jakeluverkossa käytetään montaa erityyppistä ja -kokoista jakelumuuntajaa. Jotta varamuuntajaa voidaan käyttää, tulee sen olla samantyyppinen ja samaa kokoluokkaa kuin korvattava muuntaja. Koska muuntajat ovat kalliita komponentteja, varamuuntajavalmius vaatisi verkon kunnossapidosta vastaavalta yhtiöltä suurta laitekapasiteettia ja sitä kautta suuria investointeja. Varamuuntajan vieminen käyttökohteeseen voi etenkin maaseutuverkossa olla maasto-olosuhteiden vuoksi vaikeaa tai jopa mahdotonta.

Joidenkin maaseutuverkossa toimivien verkkoyhtiöiden alueilla käytetään kuitenkin siirrettävää varamuuntajaa yhdessä aggregaatin kanssa. Tällöin varavoima voidaan liittää keskijänniteverkkoon, jolloin varavoimalla voidaan syöttää yhtä muuntopiiriä suurempaa aluetta. Tällaiselle työmenetelmälle nähdään maaseutuverkossa käyttömahdollisuuksia, mutta työmenetelmää ei tällä hetkellä juurikaan käytetä. Käyttöä rajoittavat koneiden vaatimat suuret investoinnit ja tottumattomuus käyttöön. Tottumattomuus

käyttöön näkyy siinä, että olemassa olevia koneita ei välttämättä käytetä, vaikka se olisi teknisesti mahdollista ja kustannustehokasta.

Siirrettävällä muuntamolla pystytään aggregaatin liittäminen keskijänniteverkkoon tekemään jännitetyönä. Aggregaatin tahdistaminen verkkoon onnistuu pienjännitepuolen kytkimen avulla, kun yläjännitepuoli on liitetty verkkoon. Muuntamossa on oma maasulkusuojarile ja katkaisija, jotka mahdollistavat keskijänniteverkon turvallisen syötön. Releistyksen asettelu on aina tehtävä tapauskohtaisesti. Oikea asettelu maasulkusuojukselle saadaan simuloimalla verkkotietojärjestelmässä.

Siirrettävän aggregaatti-muuntajayhdistelmän käytölle nähtiin useassa haastattelussa yhtiössä olevan kehittämispotentiaalia. Aggregaatin käyttökustannukset ovat suuret, mikä rajoittaa taloudellisia käyttömahdollisuuksia. Aggregaatin liitettävyyden keskijänniteverkkoon kuitenkin laajentaa käyttömahdollisuuksia ja parantaa sen taloudellisuutta, koska silloin voidaan syöttää laajempaa keskeytysaluetta.

Keskijänniteverkkoon muuntamon avulla liitettävää aggregaattia voidaan käyttää esimerkiksi kun jännitetyö ei ole mahdollista ja suunniteltu keskeytys vaikuttaa useampaan muuntopiiriin, eikä keskeytysaluetta voida rajata kytkentäjärjestelyillä rengasyhteyden puuttumisen tai erottimien vähyyden takia. Tällaisia kohteita ovat pitkät haarajohdot, joissa on useita muuntopiirejä.

6.1.4 Jännitetyökouluttaminen

Peruskoulutusta jännitetyöhön yli 1000 voltin jännitteellä Suomessa järjestää tällä hetkellä vain yksi yritys, JT-Millennium. Peruskoulutuksen jälkeistä erikoiskoulutusta työmenetelmiin tarjoaa JT-Millennium, mutta erikoiskoulutusta järjestetään joissain yhtiöissä myös sisäisesti.

Toisin kuin monissa muissa Euroopan maissa, Suomessa ei ole jännitetyöhön erikoistunutta viranomaistahoa, joka valvoisi ja edistäisi jännitetyökoulutusta. Tämä voi olla yksi syy työmenetelmien käytön hitaaseen leviämiseen Suomessa. Nykyinen koulutusjärjestelmä yli 1000 voltin jännitetöille nähdään alalla hyvänä asiana. Työmenetelmien käytön edistämisen edellytyksenä on kuitenkin se, että myös jatkossa on saatavilla riittävästi laadukasta koulutusta. Laadukkaan koulutuksen järjestyminen myös tulevaisuudessa on varmistettava.

6.2 Työmenetelmien tekninen hyödynnettävyys

Niin saneerauksen yhteydessä kuin uutta verkkoa rakennettaessa tulee rakenne suunnitella pitkällä aikavälillä kestäväksi. Koska verkon komponenttien pitoajat ovat hyvin pitkiä, jopa 40–60 vuotta, on rakenne mietittävä tarkkaan. Verkkoa on pystyttävä käyttämään ja ylläpitämään siten, että se pysyy käyttökelpoisena suunnitellun pitoajan. Niin ikään rakenteen tulee mahdollistaa sellainen käyttö, josta aiheutuu mahdollisimman vähän keskeytyksiä asiakkaille. Suunniteltujen keskeytysten minimoimiseksi uudessa verkossa on KAT-menetelmien käytettävyys huomioitava verkon rakenteen suunnittelussa riittävän aikaisessa vaiheessa.

Suuri osa jakeluverkosta on vanhenemassa lähivuosina. Tapa saneerata jakeluverkkoa riippuu yhtiön strategisesta päätöksestä. Toisissa yhtiöissä verkko saneerataan vanhan verkon paikalle, jolloin säästytään suunnittelua vaikeuttavilta maankäyttöön liittyviltä ongelmilta ja lisäkustannuksilta. Tällöin voidaan myös usein hyödyntää KAT-menetelmiä, jolloin verkonosan korvaamisesta ei aiheudu jakelukeskeytyksiä. Monessa yhtiössä kuitenkin linjat pyritään siirtämään ensisijaisesti teiden viereen, jolloin KAT-menetelmiä voidaan käyttää uuden linjan liittämässä verkkoon.

6.2.1 Ilmajohtoverkossa

Keskijänniteilmajohtoverkossa ensisijainen keino jakelukeskeytysten vähentämiseksi on keskeytysalueen rajaaminen kytkentäjärjestelyillä. Keskijänniterunkoverkko on yleensä rakennettu renkaaseen ja sähkönjakelu runkoverkosta tapahtuu säteittäisillä syötöillä. Säteittäisessä verkossa ei kytkentäjärjestelyillä voida taata keskeytyksetöntä sähkönjakelua suunnitelluissa keskeytyksissä. KAT-menetelmien tärkeimpiä käyttökohteita ovat juuri näiden säteittäisten johtohaarojen suunnitellut työt.

KAT-menetelmien käytölle on joitain rajoitteita ilmajohtoverkon töissä. Esimerkiksi verkon haarapylväillä työt haarajohdon pääteorrella edellyttävät, että turvaetäisyydet täyttyvät työn jokaisena hetkenä. Jos haarajohdon pääteorsi on rakennettu liian lähelle runkolinjaa, ei pääteorren luokse voida mennä edes sen ollessa jännitteetön. Tällaisessa tilanteessa haarajohto voidaan kuitenkin irrottaa runkojohdosta jännitetyönä.

Esitettyjen arvioiden mukaan nykyisellään 60 % jakeluverkon töistä, jotka muuten aiheuttaisivat jakelukeskeytyksen, voitaisiin tehdä jännitetyönä sauvamenetelmällä. Käytämällä 20 kV:n verkkoon soveltuvia jännitetyökärsineitä, voitaisiin JT-menetelmillä

kattaa noin 85 % edellä mainituista töistä. Kun tähän vielä lisättäisiin työkohteen potentiaalissa työskentely, voitaisiin lähes kaikki töiden aiheuttamat jakelukeskeytykset välttää tekemällä työt jännitetyönä. [14]

6.2.2 Maakaapeliverkossa

Maakaapeliverkossa nykyisten keskeytyksiä aiheuttamattomien menetelmien käyttömahdollisuudet ovat ilmajohtoverkkoa pienemmät. Suomessa jännitetyössä käytettävä sauvamenetelmä ei sovellu yleisesti maakaapeliverkkoon. Maakaapelin kytkeminen pylväässä avoilmajohtoon voidaan kuitenkin tehdä jännitetyönä sauvamenetelmällä JT-liittimiä hyödyntäen.

Kaupungeissa ja muissa suuremmissa taajamissa jakeluverkko on suurelta osin maakaapeloitu ja hyödyntää rengasyhteyksiä varasyöttönä. Maakaapeloinnin lisääntyessä taajama-alueiden reuna-alueilla ja ulkopuolella, ei kuitenkaan usein ole taloudellisesti kannattavaa rakentaa rengasyhteyksiä, sillä maakaapeloinnin rakentamiskustannukset ovat merkittävät. Tilanteissa, joissa maakaapeliverkon rengasyhteydet ovat liian kalliit, on keskeytysten vähentämiseen käytettävä muita keinoja. Nykyisistä menetelmistä tähän soveltuvat parhaiten varavoimakone ja ohituskaapelit.

Kaupunki- ja taajama-alueilla asiakaskeskeytysten minimointi hoidetaan ensisijaisesti kytkentäjärjestelyillä. Muuntamoetäisyyksien ollessa usein vain satoja metrejä, on sekä keskijännite- että pienjännitemaakaapeliverkko kannattavaa rakentaa renkaaseen. Tiheään rakennetuilla alueilla pienjänniteverkossa käytetään usein jakorajoja muuntopiirien välillä. Rengassyöttö ja jakorajat yhdessä mahdollistavat keskeytysalueen rajaamisen siten, että keskeytyksestä aiheutuu minimaalinen asiakashaitta.

Nykyisten jännitetyömenetelmien hyödyntäminen maakaapeliverkossa rajoittuu lähinnä maakaapelin kytkemiseen pylväässä JT-liittimillä ilmajohtoon. Työmenetelmälle on kuitenkin maaseutuverkossa merkittävästi käyttökohteita. JT-liittimien käyttäminen mahdollistaa jatkossa kaapelin irrottamisen ja kytkemisen jännitetyönä, esimerkiksi vikatilanteissa, jolloin haara saadaan nopeasti erotettua verkosta ja kytkettyä takaisin.

Kaupunki- ja taajamaverkossa voidaan verkon topologian ja keskeytyksiä aiheuttamattomien työmenetelmien avulla vähentää suunniteltujen keskeytysten asiakashaitta lähes olemattomaksi. Aggregaatin käyttäminen tilanteissa, joissa kytkentäjärjestelyillä ei saa-

da asiakashaittaa kokonaan poistettua, nähdään kaupunki- ja taajama-alueilla normaali-na käytäntönä.

Asiakaskohtaisten keskeytysaikojen rajoitusten kiristyessä ja vaatimus säävarmastaverkosta ovat saaneet verkkoyhtiöt lisäämään maakaapelointia merkittävästi. Maakaapeloinnin lisääntyessä on mietittävä keinoja suunniteltujen töiden tekemiseen niin, että aiheutetaan mahdollisimman vähän keskeytyksiä. Työmenetelmien käytön mahdollistamiseksi maakaapeliverkossa on komponentteja kehitettävä työmenetelmiä tukeviksi. Haastatteluissa tuli esille seuraavia kohteita:

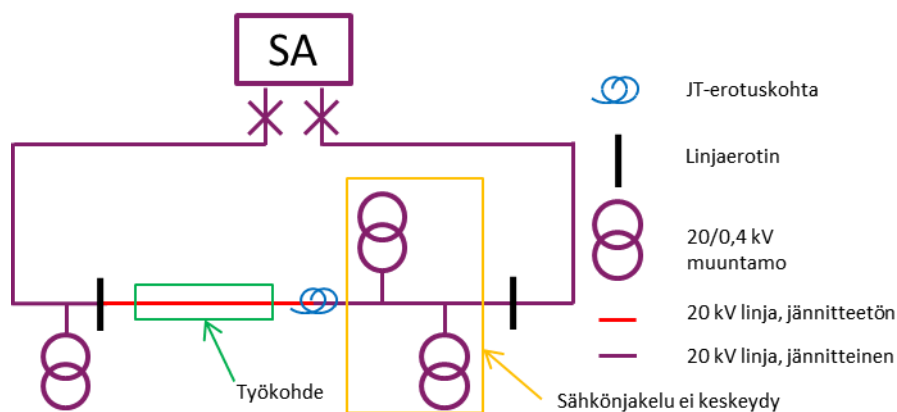
- puistomuuntamoiden huolto ja liitännät,
- PJ-keskuksien huolto ja liitännät,
- varavoiman liittäminen,
- maakaapelien liittäminen ja
- pitkät maakaapelit ja väliliitäntäpisteet.

Pitkien maakaapelien liittäminen jännitteiseen verkkoon on ongelmallista varausvirtojen takia. Jakamalla maakaapeli osiin väliliitäntäpisteiden avulla, voidaan maakaapeliverkon kytkentätilaa hallita ja tarvittaessa erottaa osia verkosta. Väliliitäntäpisteet voisivat myös helpottaa maakaapeliverkon vianpaikannusta.

6.2.3 Esimerkkikohteita

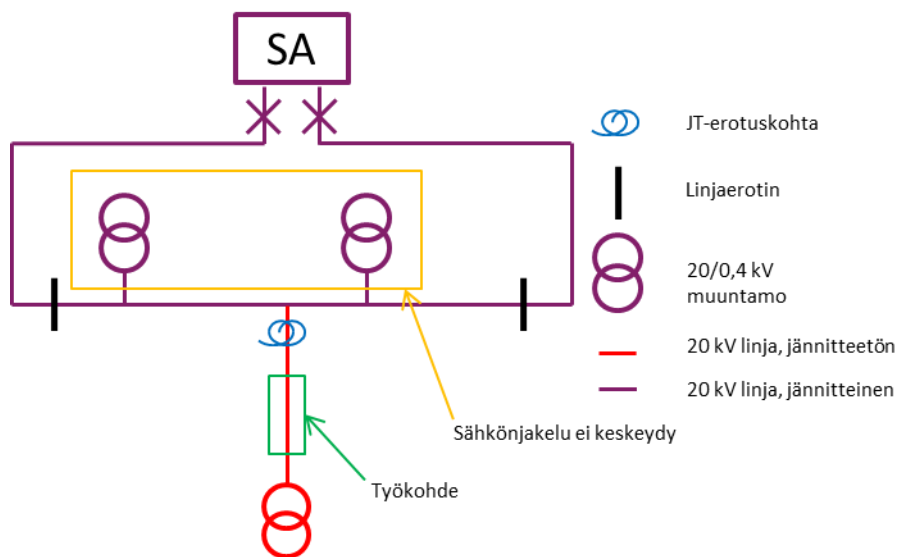
Käytännöllisiä tilanteita KAT-menetelmien hyödyntämiselle ovat kaikki ne tilanteet, joissa jakelukeskeytystä ei voida estää kytkentäjärjestelyillä. Tällaisia tilanteita syntyy, kun suunnitellun työn vaikutusalue ei pystytä rajaamaan esimerkiksi linjaerottimien vähyyden tai rengasyhteyden puuttumisen takia.

Kuvassa 15 on esitetty, miten JT-erotuskohtaa voidaan hyödyntää haarajohdon sähkönsyötön turvaamisessa tilanteessa, jossa kytkentäjärjestelyillä ei keskeytysaluetta saada rajattua riittävästi ja suunniteltu työ on tehtävä jännitteettömässä verkossa. Tällainen työ voisi olla esimerkiksi usean pylvään vaihto tai verkonosan maakaapelointi. Kuvassa oranssilla värillä on esitetty alue, joka jää sähköttömäksi, jos JT-erotuskohtaa ei käytetä.



Kuva 15: JT-katkopaikka rengasverkossa

Haarajohdolla keskeytysalueen vaikutusta voidaan niin ikään rajata JT-erotuskohdilla, kun se ei ole mahdollista linjaerottimien avulla. Kuvan 16 haarajohto on erotettu runkoverkosta JT-erotuskohdan avulla siten, että sähkönjakelun keskeytys on rajoitettu vain työkohteena olevan haarajohdon asiakkaille.



Kuva 16: Työkohteen rajaaminen haarajohdolla JT-erotuskohdan avulla.

Haarajohdolla tai haarakohdassa tehtävän työn asiakkaille aiheuttama jakelukeskeytys voidaan kuitenkin välttää. Tällainen työ on esimerkiksi erotinaseman huolto. Varasyöttö työalueen takana olevalle verkolle voidaan järjestää tilapäisillä ohituskaapeleilla tai varavoiman avulla.

verkostotöille. Tällöin hintariski jää palveluntuottajalle. Usein uusia työmenetelmiä käyttöön otettaessa, alkuinvestoinnit ja alun epävarmuus näkyvät käytössä olevaa vaihtoehtoista menetelmää kalliimpana hintana. Mikäli menetelmille ei ole tarpeeksi kysyntää, on sijoitus uuteen osaamiseen kannattamatonta.

Erityisesti tilanteessa, jossa verkkoyhtiö käyttää ulkoista toimijaa konsernin tai yhtiön sisäisen palveluntuottajan sijaan, nähtiin palveluntoimittajasuhde haasteena uusien työmenetelmien käyttöönotossa ja kehittämisessä. Yhteistyön vähyys ja lyhyen tähtäimen taloudellishjautunut tilaaminen ja toimittaminen eivät tarjoa edellytyksiä työmenetelmien kehittämiselle, joka vaatii usein alkuinvestointeja ja opetteluajakson ennen täyden hyödyn saavuttamista.

Vapaan kilpailun tilaaja-palveluntuottajamalli on vielä kehittymässä, mikä asettaa haasteita myös uuden kehittämiselle. Työmenetelmien markkinaohjautuva kehittyminen voi olla hidasta ilman muuta ohjaavaa tekijää. Kehitystä hidastavat juurtuneet asenteet ja ohjaavien tekijöiden puute, sekä näkemykset uuteen osaamiseen sijoittamisen kannattamattomuudesta. Jopa yksittäisten työntekijöiden näkemykset uusiin työmenetelmiin panostamisen kannattavuudesta voivat hidastaa työmenetelmien käytön laajentumista, tai jopa estää sen.

Alalla on yleisesti ongelmana suunnittelemattomuus. Tämä näkyy erityisesti keskittymisenä vain arkipäivän tekemiseen pitkän aikavälin toiminnan kehittämisen sijaan. Palveluntoimittajasuhteiden kehittymättömyys vaikeuttaa myös uuden kehittämistä ja uusien menetelmien käyttöönottoa.

6.3.1 Asenteet

Suurimmissa verkkoyhtiöissä kaikki työt tilataan jännitetyönä tai jakelukeskeytyksettömänä työnä, mutta vain murto-osa töistä toteutuu jakelukeskeytyksettömänä. Suurin osa töistä tehdään edelleen erotustyönä. Verkkoyhtiöissä syynä tähän nähtiin se, että palveluntuottajat eivät ole sitoutuneet toimittamaan tilattua palvelua tai valmiutta siihen ei ole. Kyse on myös kommunikaatio-ongelmasta yhtiöiden välillä.

Toisaalta verkkoyhtiöissä nähtiin myös tarvetta yhtiön sisäiseen kehittämiseen. Vaikka johtotasolla olisi tehty periaatepäätös töiden tilaamisesta jakelukeskeytyksettömänä, on viesti heikentynyt, kun työtä tilataan tai käsitellään keskeytyspyyntöjä. Verkkoyhtiöissä

todettiin, että töitä pitäisi tilata enemmän jakelukeskeytyksettömänä. Ongelmaksi muodostuu sitoutuminen strategiseen päätökseen.

Verkkoyhtiöissä nähtiin työmenetelmien kehittymistä rajoittavana tekijänä tilausten vähyyden lisäksi osaamisen puuttuminen palveluntarjoajilla. KAT-menetelmien osaaminen vaihtelee palveluyhtiöissä suuresti. Osa edistyneimmistä palveluntuottajista on jo kouluttanut lähes kaikki asentajansa keskijänniteverkon jännitetöihin. Näissä yhtiöissä koettiin, että valmiudet tekemiseen ovat tilauskantaan suuremmat. Kun KAT-menetelmien osaaminen on hankittu, odotetaan verkkoyhtiöiltä lisää tilauksia täyden hyödyn saamiseksi investoinnista. Yhden tai kahden verkkoyhtiön tilaukset nykyisellä tasolla eivät usein riitä kattamaan osaamisen hankkimisesta koituvia kustannuksia, jolloin KAT-menetelmien käyttöön ei ole kannustetta.

Palveluyhtiöissä toiminnan suunnittelussa on havaittavissa tietynlaista lyhytkatseisuutta. Tämän nähdään johtuvan osittain verkkoyhtiöiden kanssa tehtävien kausisopimusten lyhyydestä. Työmenetelmien ja toimintatapojen kehittäminen on usein pitkäjänteinen prosessi, joka vaatii sitoutumista aina johtotasolta asti. Lyhyet sopimusjaksot ohjaavat kuitenkin palveluntuottajia lyhyen aikavälin suunnitteluun, jolloin mahdollisuus kehittää toimintaa pidemmällä aikavälillä on vaikeaa. Syynä voi osittain olla myös haluttomuus muutokseen, kun ohjaavaa tekijää ei ole. Vuosikymmenten kerryttämä osaaminen nykyisten työmenetelmien käyttämisessä edesauttaa juurtumista nykyiseen toimintamalliin. Uusien työmenetelmien omaksumiseen vaaditaan jonkinlainen taloudellinen tai toimintaa helpottava kannustin, joka ohjaa muuttamaan toimintatapoja.

Yhtenä suurimmista ongelmista palveluntuottajat näkivät jakelukeskeytyksettömien töiden tilauskannan vähyyden. Tilauksia ei tule riittävästi, vaikka jakelukeskeytyksettömän työn osaaminen hankittaisiin. Suuria alkuinvestointeja vaativien uusien työmenetelmien käyttöönotto vaatii investoinnin takaisinmaksuajan suunnittelun lisäksi työmenetelmien osaamisen ja rutiinin hankkimista sekä niiden kehittämistä. Osaaminen ja rutiini tulevat työn tekemisen kautta, joten uuden työtavan tuomiseksi normaaliksi käytännöksi tarvitaan enemmän jakelukeskeytyksettömän työn tilauksia.

Jakeluverkkoa uudistetaan jatkuvasti verkon komponenttien tullessa käyttöikänsä päähän ja yhteiskunnan vaatimusten mukaan. Verkkoa täytyy kuitenkin myös ylläpitää sen käyttöaikana. Vaikka saneerattava verkko lähtökohtaisesti aina siirrettäisiin uuteen paikkaan, on olemassa olevaa verkkoa huollettava. Huolto- ja kunnossapitotöillä ei kui-

tenkaan saavuteta verkolle lisäarvoa muuten kuin komponenttien käyttöajan pitenemisellä. Koska jakelukeskeytyksiä halutaan välttää, soveltuvat KAT-menetelmät hyvin verkon huolto- ja kunnossapitotöihin.

6.3.2 Suunnittelu

Jakeluverkon suunnittelu lähtee verkkoyhtiössä pitkän aikavälin suunnittelusta. Yksittäiset urakat alustetaan verkostosuunnittelussa, josta tilaus etenee rakennuttajalle. Rakennuttaja tekee ja käsittelee tarjouspyynnöt, sekä välittää työn maastosuunnitteluun. Maastosuunnittelu on nykyään usein ulkoistettu palveluntuottajalle. Maastosuunnittelusta työ etenee joko takaisin rakennuttajalle tai suoraan toteutukseen. Varsinainen työn suunnittelu tapahtuu palveluntuottajayhtiössä.

Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien edistämisen edellytyksenä on, että työt suunnitellaan jo lähtökohtaisesti KAT-menetelmillä tehtäviksi. Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien huomioiminen töiden suunnittelussa sekä verkko- että palveluntuottajayhtiössä vaatii yhteistä tahtotilaa. Jakelukeskeytyksettömyys tulee ottaa huomioon niin työtä tilatessa kuin palveluntuottajan työnsuunnittelussa. Jos työtä varten ei varata tarvittavia välineitä ja tilata oikeita materiaaleja, ei työtä voida lopulta suorittaa jakelukeskeytyksettömänä.

Työmenetelmien käytön kehittämisessä maastosuunnittelijan rooli on merkittävä, sillä ajantasainen tieto työmenetelmien soveltuvuudesta työkohteeseen on ratkaisevaa menetelmän valinnan hetkellä. Siksi maastosuunnittelijat tulisi perehdyttää KAT-menetelmiin, jotta he voivat työkohteen arvioinnissa selvittää myös edellytykset KAT-menetelmien käytölle kohteeseen sekä mahdolliset rajoitteet. Esimerkiksi jännitetyöliittimiä ei nykyisin aina merkitä verkkotietojärjestelmiin, mikä vaikeuttaa niiden hyödyntämistä myöhemmin. Maastosuunnittelija voi kuitenkin tällaiset seikat huomioda ja ohjata jakelukeskeytyksettömään työskentelyyn.

Sekä tilaajan että palveluntuottajan puolella tärkeänä tekijänä keskeytyksiä aiheuttamattomien työmenetelmien käytön edistämiseksi nähtiin verkostokomponenttien valmistajan vastuu. Tärkeää on varmistaa verkon rakenteen ja komponenttien soveltuvuus KAT-menetelmien käytölle. Jotta työmenetelmiä voitaisiin käyttää, tulee verkon ja sen komponenttien olla suunniteltu ja rakennettu työmenetelmiä tukeviksi. Palveluntuottajan käytännön kokemusten täytyy kulkeutua aina laitevalmistajalle asti.

Ongelmana nykyisin on komponenttien valmistajan ja käyttäjän kommunikaation puute. Urakoiva yhtiö tai verkkoyhtiö ostaa komponentit sähkötarvikkeiden tukkukauppiaalta, joka taas käy keskustelua laitevalmistajan kanssa komponenttien kehittämisestä. Tukku-ri nähtiin tärkeänä linkkinä valmistajan ja palveluntuottajan välillä laitteiden kustannus-tehokkaan tuottamisen ja laitteiden käytön välillä. Niin ikään verkkoyhtiön vastuu pit-källä aikavälillä kestävien verkon rakenne- ja komponenttivalintojen tekemisessä koros-tuu.

6.3.3 Järjestelmät

Tilaajan ja palveluntuottajan välisessä kommunikoinnissa ja tiedonsiirrossa on yleisty-nyt käytettäväksi työnohjausjärjestelmä HeadPower. Järjestelmä mahdollistaa muun muassa työnohjauksen ja -seurannan, tarjouspyyntöjen lähettämisen ja dokumentoinnin.

Tilaajan ja palveluntuottajan välisessä kommunikoinnissa ja tiedonsiirrossa on laajalti yleistynyt käyttöön työnohjausjärjestelmä HeadPower. Järjestelmä mahdollistaa muun muassa työn etenemisen seurannan sekä tilaajan että tuottajan toimesta ja tarjouspyyntö-
jen lähettämisen. Toisissa yhtiöissä käytetään yhtiön sisäistä verkkoa tilausten tekemi-
sen ja dokumentoinnin väylänä, mutta osa yhtiöistä hyödyntää HeadPower-järjestelmän
tarjouspyyntötoimintoa.

Vaikka työnseuranta ja dokumentointi onnistuvat HeadPower-järjestelmän avulla, on jakelukeskeytyksettömien töiden erottelu vaikeaa. Usein käytönsuunnittelun ja palve-luntuottajan järjestelmät eivät kommunikoi keskenään, vaan tieto yhtiöiden välillä siir-tyy paperimuodossa. Joissain verkkoyhtiöissä palveluntuottajalle voidaan antaa rajoite-tut oikeudet verkkotietojärjestelmään, jolloin dokumentointi helpottuu. Palveluntuottaja käyttää lisäksi omaa työnohjausjärjestelmäänsä. Tällöin samat tiedot joudutaan kuiten-kin syöttämään kahteen eri järjestelmään, mikä lisää työrasitetta palveluntuottajayhtiös-sä.

6.3.4 Sopimukset

Jakeluverkon rakennus-, korjaus- ja kunnossapitotyöt toteutetaan kausisopimuksilla, toistaiseksi voimassa olevilla sopimuksilla sekä yksittäisillä urakkasopimuksilla. Yleen-sä suuremmat urakat, kuten uudisrakennus- ja saneerauskohteet kilpailutetaan erikseen ja kunnossapitotoimet hoidetaan joko toistaiseksi voimassa olevilla sopimuksilla tai määräaikaikaisilla kausisopimuksilla. Kausisopimuksien kesto on tyypillisesti yhdestä

vuodesta kolmeen vuoteen. Monissa yhtiöissä on käytössä myös lisäoptio: jos sekä verkkoyhtiö että palveluntuottaja ovat tyytyväisiä kausisopimuskauden toimintaan, voidaan sopimusta jatkaa määräajalla.

Vuoden 2012 alussa valmistuneessa palveluverkko-tutkimuksessa todetaan, että töiden jaottelu vuosisopimusten ja erikseen kilpailutettavien projektiurakoiden välille vaihtelee paljon yhtiöittäin. Joissain yhtiöissä jakeluverkko on jaettu alueisiin, joihin kuhunkin valitaan yksi alueellinen pääurakoitsija. Toiset yhtiöt käyttävät useampaa urakoijaa samalla toimialueella. [31]

Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien huomioiminen urakointisopimuksissa on harvinaista. Eräässä verkkoyhtiössä käytetään palveluntarjoajien laatupisteytystä osana kilpailutusta. Tarjouspyynnöissä voidaan määrittää esimerkiksi maksimimäärä tai hinta keskeytystunnille.

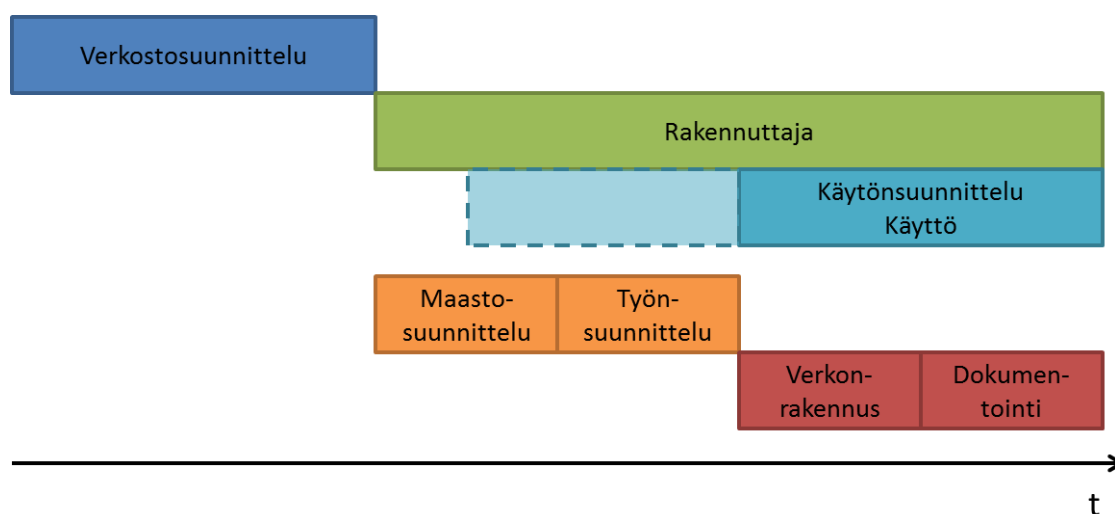
6.3.5 Tilaaja-palveluntuottajaketjun tarkastelu

Yhtiöissä nähtiin, että sisäisen palveluntuottajan omaavissa yhtiöissä työmenetelmien kehittäminen on helpompaa, sillä yhteistyötä on helpompi koordinoida, kun on yhteiset tavoitteet. Yhtiöissä, jotka käyttivät toistaiseksi voimassa olevaa urakointisopimusta, nähtiin niin ikään yhteisten tavoitteiden asettaminen helpompana: palveluntuottaja voi keskittyä pitkän aikavälin suunnitteluun.

Yhtiön tai konsernin sisäisen palveluntuottajan voi olla helpompi suunnitella pitemmällä tähtäimellä. Juuri näissä yhtiöissä nähtiin pitemmän aikavälin suunnitteluun liittyvät esteet, kuten suuriin laite- ja välineinvestointeihin ja niiden omistajuuteen liittyvä riski, pienempänä.

Haastatteluissa korostui yksittäisten henkilöiden rooli toimintatavan muutoksessa ja sen saattamisessa tilaus-palveluntuottajaketjun kaikkiin vaiheisiin. Kipupisteenä tilaus-palveluntuottajaketjussa nähtiin tilaajan ja palveluntoimittajan välinen tiedonkulku. Haastatteluissa ilmeni, että usein viesti jakelukeskeytyksettömästä työstä katoaa tai sen painotus muuttuu joko työn edetessä rakennuttajalta maastosuunnitteluun tai työn siirtyessä toteutukseen. Tämän vuoksi kaivattaisiin palveluntuottajan työnsuunnittelusta ja työn toteutuksesta takaisinkytkentää verkon rakennutukseen ja käyttöön.

Verkkoyhtiöiden puolella nähtiin lisäksi tarvetta lisätä verkkoyhtiön mahdollisuutta vaikuttaa työn toteutustapaan jakelukeskeytyksettömän työn edistämiseksi. Tätä varten olisi kommunikaatiota käytön tai käytönsuunnittelun ja urakoinnin työsuunnittelun välillä parannettava. Verkkoyhtiön mahdollisuuksia vaikuttaa työn lopputulokseen voidaan parantaa esimerkiksi tuomalla käytönsuunnittelu mukaan prosessiin jo aikaisemmassa vaiheessa, kuten kuvassa 18 on esitetty. Verkkoyhtiön sisällä tarvitaan lisäksi sitoutumista töiden tilaamiseen jakelukeskeytyksettömänä. Vaikka päätös jakelukeskeytyksettömänä tilaamisesta olisi johtotasolla tehty, ei viesti välttämättä etene verkkoyhtiöstä palveluntuottajalle.



Kuva 18: Projektikaavio kuvaa rakennusurakan etenemisestä ja kommunikaation kehittämistarvetta.

Suunnittelemattomuus näkyy niin verkkoyhtiöiden rakennuttajaorganisaatiossa kuin palveluntuottajan työnohjauksessa. Usein työt tilataan lyhyellä toimitusajalla ja materiaalien tilaus jää viime hetkeen [31]. Koska keskeytyspyynnöt erotustyönä tehtävälle työlle pitää lähettää verkkoyhtiölle 3-5 vuorokautta etukäteen, työnohjauksen ja työn toteutuksen muutossieto on heikko.

Vaikka alalla tarvitaankin kehitystä pitkällä aikavälillä suunnitelmallisempaan tekemiseen, voidaan työnohjausta ja töiden suunnittelua helpottaa työmenetelmien valinnalla. Tilattaessa työt tehtäväksi KAT-menetelmillä, ei työajankohdan sopimista jopa viikkoa etukäteen tarvita, mikä parantaa työnohjauksen muutossietoa. Väline- ja materiaalitilaukset työtä varten on kuitenkin tehtävä hyvissä ajoin.

6.4 Teknitaloudelliset haasteet ja hyödyt

Verkkoyhtiön toimintaa ohjaavat vahvasti taloudelliset tavoitteet. Verkkoyhtiön toimintaa sääntelevän valvontamallin taloudelliset vaikutukset tukevat jakelukeskeytyksiä vähentäviä toimintatapoja. Keskeytyshaitan painotus valvontamallissa on korostunut viime vuosina, eikä kehityssuunnan odoteta olevan kääntymässä.

Etäluettavien mittareiden tuoma mahdollisuus seurata kulutusta ja keskeytyksiä tarkasti asiakaskohtaisesti mahdollistaa uudenlaisia tapoja arvottaa keskeytyshaittaa. Tulevaisuudessa voidaan paremmin arvioida todellista keskeytyshaittaa ja verkkoliiketoiminnan valvonnassa pystytään jakamaan sähkönkäyttäjät ryhmiin kulutuksen mukaan. Käytännössä energiankulutuksen tai tehon mukainen ryhmittely voi tarkoittaa eri KAH-arvoja eri kuluttajaryhmille. Kuluttajaryhmiä voivat olla kotitaloudet, teollisuus, maatalous ja palvelut. Kotitaloudet voidaan myös jakaa sähkölämmittäjiin ja muihin kotitalouskuluttajiin. Sähkölämmittäjiä on kahdenlaisia; osa kotitalouksista on jatkuvassa sähkölämmityksessä, toiset käyttävät varaavaa sähkölämmitystä, joka kuluttaa sähköä vain öisin. Tarkan kulutuksen seuranta mahdollistaa myös vuodenaikojen mukaisen jaottelun. Esimerkiksi talven pahimpina pakkaspäivinä on todellinen haitta jakelukeskeytyksestä sähkölämmittäjäasiakkaalle huomattavasti suurempi kuin kesällä.

Keskeisenä haasteena keskeytyksiä aiheuttamattomien työmenetelmien käytön lisäämiselle on hyödyn määrittäminen. Vaikka jossain kohteessa työn tekemisen kustannukset nousisivatkin keskeytystyötä suuremmaksi, voidaan merkittäviä hyötyjä saavuttaa muuta kautta. Palveluntuottajalle KAT-menetelmistä ei tällä hetkellä nähdä koituvan suoraa taloudellista hyötyä. Siksi jakelukeskeytyksettömän työn edistäminen voi edellyttää tilaajan palveluntuottajalle asettamia kannustimia. Myös jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien käytöstä palveluntuottajalle koituvat kustannukset on määritettävä. Nyt erityisesti jännitetöiden hintoja ei usein ole määritetty todellisten työ kustannusten ja investointien vuosipoistojen perusteella, vaan hinnat perustuvat varovaisuuteen ja investoinnit halutaan kuolettaa hyvin lyhyellä aikavälillä. Haasteena jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien käyttöönotossa onkin kokonaishyödyn tarkasteleminen suorien urakkakustannusten sijaan.

Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien käyttöpotentiaali suunnitelluissa keskeytyksissä on suurelta osin kausisopimuksiin kuuluvissa kunnossapitotöissä. Teknitaloudelliset tavoitteet eivät välttämättä näy jokapäiväisessä työssä. Kausisopimukseen kuulu-

vissa töissä työmenetelmän valinnassa usein pitkän tähtäimen kokonaishyötyä tärkeämmässä asemassa on suora taloudellinen hyöty, yhtiön linjaukset ja totutut toimintatavat. Yhtiön linjaukset ja niiden kautta muodostuva tilaus- ja toimitusrutiini määräävät, mitä työmenetelmiä käytetään. Toimintatapojen muuttamiseksi jakelukeskeytyksettömiä työmenetelmiä tukevaksi tarvitaan taloudellisia kannattavuuslaskelmia ja aktiivista ohjausta johtotasolta.

Suuria alkuinvestointeja vaativien työmenetelmien käyttöä rajoittaa epäselvyys siitä, kenen vastuulla investoinnit ovat. Laitteiden ja työvälineiden omistajuus on ongelma varsinkin palveluntoimittajasuhteessa, jossa käytetään ulkoista palveluntuottajaa. Verkko-yhtiössä nähdään vastuun kuuluvan palveluntuottajalle, kun taas ulkoinen palveluntuottaja katsoo usein alueellisella verkkoyhtiöllä olevan paremmat edellytykset hankinnoille. Erityisesti palveluntuottajien näkemyksiin vaikuttavat kausisopimusten lyhyt kesto ja pieni tilauskanta KAT-menetelmien osalta. Yksimielisiä ollaan siitä, että laitteiden ja välineiden huolto on hyvä olla palveluntuottajalla.

Ulkoiset palveluntuottajat näkevät laiteinvestoinnit kuten varavoiman hankinnan verkkoyhtiön vastuuna. Tätä näkemystä tukee nykyinen kausisopimusmalli, sillä laitteet mitoitetaan tiettyyn verkkoon, eivätkä välttämättä ole hyödynnettävissä, jos kausisopimus päättyy. Erimielisyys omistajuudesta vaikuttaa erityisesti varavoiman käytön laajuuteen. Uusia koneita ei usein ole hankittu vuosikausiin, sillä kumpikaan osapuoli ei koe sen olevan taloudellisesti kannattavaa tai omalla vastuulla.

Jotta palveluyhtiön resurssit voidaan käyttää toimintaan optimaalisesti, on sen määritettävä erikoisosaamisensa. Yhtiöissä on valittu erilaisia työmenetelmiä sen mukaan, miten ne soveltuvat omaan toimintaympäristöön. Monessa yhtiössä nähtiin, että erikoistuminen tiettyihin jakelukeskeytyksettömiin työmenetelmiin voi olla kannattavaa. Kausisopimuskumppanilta ostetaan palveluita, joiden tilauskanta on suurempi, ja harvemmin tarvittujen menetelmien osaaminen ostetaan palveluna muulta palveluntarjoajalta, joka on kyseiseen työmenetelmään erikoistunut.

6.4.1 Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien arvostus

Viime vuosien myrskyt ja niiden synnyttämä julkinen keskustelu on vienyt katseet kohti odottamattomien keskeytysten vähentämistä. Haastatteluissa tuli usein esille, että jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien käytössä saavutettava etu ei ole riittävä. Katsot-

taessa odottamattomien keskeytysten taloudellisia vaikutuksia – niin valvontamallin vaikutuksia kuin korjaus- ja vakiokorvauskuluja – näyttää suunniteltujen keskeytysten aiheuttama haitta pieneltä. Verkkoyhtiöissä eli voimakkaana myös ajatus siitä, että jännitetöillä ei voida tehdä suurta osaa töistä. Tällainen asennoituminen voi olla yksi jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien kehitystä hidastavista tekijöistä.

Vastahakoiset asenteet ja ennakkoluulot muodostavat merkittävän esteen KAT-menetelmien käytön laajentamiselle. Toimintatapojen muutoksesta saatavan rahallisen hyödyn koetaan olevan liian vähäinen. Jakelukeskeytyksen vaikutus ei verkkoyhtiölle ole kuitenkaan ainoastaan rahallinen. Keskeytyskustannusten eli KAH-kustannusten suuruus perustuu jakelukeskeytysten tutkittuun asiakashaittaan, mutta keskeytyskustannusten lisäksi jakelukeskeytys vaikuttaa negatiivisesti asiakastyytyväisyyteen ja yrityskuvaan. On huomattava, että verkkoyhtiö ei vältty jakelukeskeytyksen vaikutuksilta asiakastyytyväisyyteen ja yrityskuvaan maksamalla keskeytyskustannukset.

6.4.2 Työmenetelmien hyödyn määrittäminen pitkällä aikavälillä

Tässä alaluvussa on määritetty jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien kokonaishyöty ja työmenetelmien käytöstä koituvat kustannukset.

Työmenetelmillä saavutettavat edut:

1. Etu keskeytyskustannuksissa; taloudelliset laatu- ja tehokkuuskannustimet valvontamallin kautta.
2. Työajan parempi hyödyntäminen; keskeytysaika voi olla maksimissaan 3-4 tuntia yhtiöstä riippuen, mikä rajoittaa yhden päivän aikana tehtävän työn ja työkohteiden määrää. Jakelukeskeytyksettömässä työssä voidaan hyödyntää koko 8 tunnin työpäivä. Joissain töissä on mahdollista saavuttaa etua myös työn kokonaisuudessa.
3. Työskentely normaalina työaikana; työ voidaan sääolojen salliessa ja teknisten edellytysten täytyessä aina tehdä normaalityöaikana, toisin kuin erotustyönä tehtäessä.
4. Asiakastyytyväisyyden parantuminen, yhtiön imago; suunniteltujen verkostotöiden vaikutukset eivät näy negatiivisina asiakkaille. Erityisen hyödyllistä toimitaessa kohteissa, joissa on kriittisiä asiakkaita kuten teollisuutta.

5. Kytkeyntäsuunnittelun ja töiden ketjuttamisen helpottuminen; hyöty sekä verkko-että palveluntuottajayhtiölle. Toisin kuin erotustyössä, jakelukeskeytyksetön työ ei edellytä kytkentäpyyntöä viikkoa ennen, vaan jopa samana päivänä tehty kytkentäpyyntö voi riittää.

Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien käyttöönotto vaatii suuria investointeja. Alkuinvestointien suuruus riippuu siitä, mikä tai mitkä työmenetelmät valitaan. Koska jakeluverkkojen eri elementit – rakenne, valittu tekniikka, komponentit ja toimintatavat – vaihtelevat yhtiöstä toiseen paljon, on työmenetelmien käyttöönottamiseksi verkkoyhtiön arvioitava eri työmenetelmien taloudellisia vaikutuksia omassa jakeluverkossaan yksittäisten elementtien osalta. Näin yhtiön on omat tarpeensa ja taloudelliset prioriteettinsa arvioiden mahdollista valita sopiva tapa tehdä jakelukeskeytyksetöntä työtä.

Jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien käyttöönotosta aiheutuvat kustannukset voidaan jakaa kahteen ryhmään: kertaluontoiset kustannukset ja operatiiviset kustannukset.

Taloudelliset rasitteet, kertaluontoiset kustannukset

1. Laitteet ja materiaalit; kuljetusajoneuvot, eristävä nostokori, koneet
2. Tarvikkeet; työvälineet, kuten eristävät sauvat, käsineet ja muu suojarustus. Lisätarvikkeet.
3. Koulutus; osaamisen hankkiminen ja kehittäminen rutiinin ja turvallisen työskentelyn saavuttamiseksi.
4. Organisatoriset muutokset; työtapojen muuttuessa voidaan yhtiön toimintarakennetta joutua muokkaamaan uusiin tapoihin paremmin soveltuvaksi.

Taloudelliset rasitteet, operatiiviset kustannukset

1. Verkostokomponenttien ja työvälineiden kehittäminen; Uudet työmenetelmät vaativat yleensä uudenlaisia komponentteja, joiden hinta voi aluksi olla korkea. Näihin kustannuksiin vaikuttaa myös komponenttivalmistajien vastaus muuttuviin olosuhteisiin.
2. Organisatorisen muutoksen aiheuttamat lisäkustannukset; Yhtiön rakenteen tai toimintatapojen muuttuminen voi aiheuttaa lisäkustannuksia.
3. Säännöllinen perehdyttäminen; Joko ulkoistettu tai yhtiön sisäinen osaamisen ja ammattitaidon ylläpitäminen uusilla työmenetelmillä.

4. Laitteiden, työvälineiden ja työn säännöllinen seuranta; Työn seurannan rasite on aluksi suurempi. Työmenetelmien muodostuessa normaaliksi työtavaksi tämä rasite vähenee.

6.5 Keinoja työmenetelmien käytön edistämiseen

Tässä alaluvussa esitellään keinoja, joilla aiemmissa luvuissa käsitellyille esteille ja kipupisteille voidaan löytää ratkaisut.

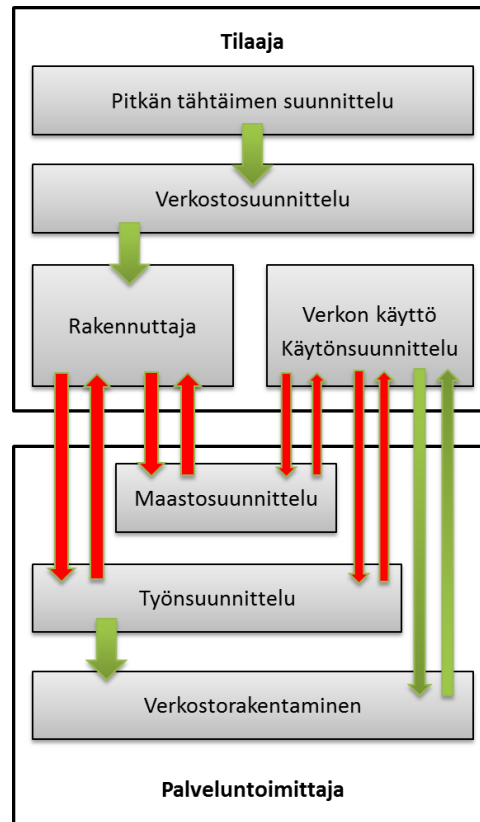
6.5.1 Sitoutuminen ja asennemuutos

Uuden toimintatavan käyttöönotto vaatii tilaaja-palveluntuottajamallissa sitoutumista sekä tilaajan että palveluntuottajan taholta. Taloudellisen edun saavuttaminen KAT-menetelmillä edellyttää aktiivista toimintatapojen kehittämistä sekä ohjausta muutokseen johdon taholta. Joissain verkkoyhtiöissä on tehty periaatteellinen päätös tilata kaikki työt jakelukeskeytyksettömänä. Joissain yhtiöissä kaikki työt tilataan lähtökohdaisesti jännitetyönä. Johtotason linjaus ei kuitenkaan aina etene tilaus-palveluntoimitusketjun alusta loppuun asti, vaan viesti heikkenee tai katoaa matkalla. Jakelukeskeytyksiä vähentäviin työmenetelmiin ja niiden hyötyihin ei uskota. Syynä tähän on usein kokemusten tai tietoisuuden puute sekä alalla vallitseva varautuneisuus KAT-menetelmiä kohtaan.

KAT-menetelmien käyttöönotto tai käytön laajentaminen vaatii yhtiöltä strategista päätöstä. Ensisijaisena menetelmänä keskeytysten vähentämisessä on kytkentäjärjestelyt, mutta toisena pitäisi tulla muut KAT-menetelmät ja vasta viimeisenä vaihtoehtona erotustyö. Kun strateginen päätös KAT-menetelmien käyttämisestä ensisijaisena ratkaisuna on tehty, kohdistuvat menetelmien käytön laajentamisen paineet projektipäälliköihin, käytönsuunnitteluun ja työnjohtoon. Näiden henkilöiden sitouttaminen töiden järjestämiseen jakelukeskeytyksettömänä, antaa edellytykset KAT-menetelmien yleistymiselle. Erityistä huomiota vaativat kriittiset yhteydet tilaus-palveluntoimitusketjussa.

Kriittisinä yhteyksinä työmenetelmien käytön tehostamisessa nähtiin maastosuunnittelun ja rakennuttajan, maastosuunnittelun ja käytönsuunnittelun, sekä käytönsuunnittelun ja työnsuunnittelun väliset yhteydet. Näiden yhteyksien parantaminen nähtiin sekä verkko- että palveluntuottajayhtiöissä tärkeänä. Lisäksi palveluyhtiöiltä vaaditaan sitoutumista johtotasolta asti tilatun palvelun tarjoamiseen aina, kun se on teknisesti mahdollista. Tämä edellyttää tietoisuuden lisäämistä työmenetelmistä suunnittelussa ja esimies-

tasolla. Verkkoyhtiössä rakennuttajan rooli verkkoyhtiön tahtotilan esille tuomiseksi on ensiarvoisen tärkeä. Kuvassa 19 on kuvattu tilaaja-palveluntuottajaketjun rakennetta ja kriittisiä linkkejä.



Kuva 19: Tilaaja-palveluntoimittajaketjun rakenne. Urakan eteneminen ketjussa ja kommunikaation kriittiset linkit.

Lopullisen päätöksen työn toteutustavasta tekee palveluntuottaja, mutta verkkoyhtiö voi vaatia työn tekemistä aiheuttamatta jakelukeskeytyksiä asiakkaille. Kentällä työtä tekevä asentajaryhmä arvioi lopulta työn toteutustavan. KAT-menetelmille soveltuvat työvälineet ja materiaalit on kuitenkin varattava etukäteen työtä varten, joten edellytykset työmenetelmien käytölle varmistaa työn suunnitteleva taho.

Asennemuutosta asentajakunnassa voidaan edesauttaa jännitetyölisällä. Jos jännite-työasennuksesta maksetaan enemmän, on se houkuttelevampaa asentajalle ja voi vähentää kielteistä suhtautumista työmenetelmiä kohtaan. Koulutus työmenetelmiin tuo asentajalle myös ammattiylpeyttä, joka voi lisätä asentajakunnassa arvostusta työmenetelmiä kohtaan.

Sitoutumista edesauttaa tietämys toimintaolosuhteista. Verkkoyhtiön on selvitettävä jakelukeskeytyksettömän työn edellytykset ja mahdollisuudet omassa verkossaan. Tä-

hän soveltuu esimerkiksi kunnossapito-ohjelman tarkastukset. Tarkastusten yhteydessä voidaan selvittää esimerkiksi jännitetyökelpoisuus verkon eri osissa. Myös maastosuunnittelijan tulee osata arvioida ja dokumentoida KAT-menetelmien soveltuvuus suunnitelluissa kohteissa. Kun tieto dokumentoidaan hyvin, voidaan sitä hyödyntää myöhemmissä töissä.

6.5.2 Kouluttaminen ja ohjeistus

KAT-menetelmien käytön laajeneminen edellyttää, että saatavilla on tarpeeksi osaavaa, koulutettua työvoimaa, joka kykenee tekemään työt näillä menetelmillä. Uusia toimintatapoja ja työmenetelmiä varten on työmenetelmiä käyttävien palveluyhtiöiden koulutettava työntekijät ja laadittava työmenetelmäkohtaiset ohjeistukset.

Haastatteluissa esille nousseita ratkaisuja koulutuksen järjestämiseen olivat koulutuspalvelun kehittäminen suuremmissa palveluyhtiöissä ja koulutuksen järjestäminen alan kattojärjestön, Energiateollisuus ry:n toimesta. Esille tuotiin myös tarve koulutuskeskukselle. Koulutustarjontaan tulisi sisällyttää KAT-menetelmät kokonaisuutena. Tällöin yhtiöt voivat itse arvioida, mitkä työmenetelmät tulee oman verkon rakennus- ja kunnossapitotöihin valita. Vakaa koulutusjärjestelmä ja koulutuskeskus toisivat työmenetelmille myös uskottavuutta.

Monessa haastatelluista palveluyhtiöistä oli asentajista suuri osa jo koulutettu jännitetyöhön tai koulutus oli suunniteltu pidettäväksi lähiaikoina. Kuitenkaan jännitetyönä tehtyjen töiden määrä kaikista suunnitelluista töistä ei yltänyt lähellekään jännitetyökouluttajan [14] arvioimaa teoreettista 60 %:n osuutta, joka voitaisiin sauvamenetelmällä tehdä.

Asentajien kouluttaminen ei riitä. Niin verkkoyhtiöiden kuin palveluntuottajien on lisäksi perehdytettävä toimihenkilönsä KAT-menetelmien tuomiin mahdollisuuksiin. Perehdytyksessä tulisi erityisesti huomioida työmenetelmien käytettävyyden ja taloudellisen kokonaishyödyn ymmärtäminen.

6.5.3 Yhteistyö

Sekä verkkoyhtiöt että palveluntuottajat haluavat edistystä tapahtuvan KAT-menetelmien käytössä Suomessa. Menetelmien käyttö on tilanteessa, jossa kukaan ei halua ottaa vastuuta menetelmien käytön edistämisestä. Haastatteluissa todettiin usein,

että tieto uusista työmenetelmistä ja niiden käytöstä jää helposti yhtiöön, jossa menetelmä on kehitetty. Pelko palveluntuottajien puolella on, että kun menetelmiä ja osaamista kehitetään, kehittämisen hyödyt valuvat nopeasti myös kilpailijayhtiöihin – mutta yhtiö itse joutuu maksamaan kehitysaskelien kulut.

Yhtiöissä, joissa työmenetelmiä on kehitetty edelleen, on kehitystyö tehty verkkoyhtiön ja tämän palveluntarjoajan yhteistyöllä. Yhteisten tavoitteiden asettaminen työmenetelmien kehittämiseksi varmistaa, että työmenetelmille on riittävästi käyttöä. Yhteinen tahotila verkko- ja palveluyhtiössä edesauttaa myös toimintakulttuurin muuttamista ja helpottaa uusien työmenetelmien ja toimintatapojen viemistä läpi tilauspalveluntoimitusketjun.

Yhteistyötä vaatii myös verkon komponenttien kehittäminen. Laitteiden ja komponenttien kehittämisessä tarvitaan verkkoyhtiöiden panosta, sillä KAT-menetelmien osaamisen hankkinut palveluntuottaja odottaa, että sovitussa työkohteessa on mahdollista hyödyntää näitä menetelmiä ja tuottaa kokonaisvaltaista hyötyä sekä verkko- että palveluntuottajalle. Verkkoyhtiöiden on siis vaadittava laitevalmistajilta laitteita ja komponentteja, jotka täyttävät työmenetelmien käytön edellyttämät vaatimukset. Tällaisten komponenttien kehittäminen on tapahduttava yhteistyössä laitevalmistajien kanssa.

6.5.4 Työmenetelmien koekäyttö

Osaamisen kehittyminen asentajalle vaatii aikaa ja runsaasti käytännön kokemusta uusista menetelmistä. Jotta työmenetelmille löydetään teknistaloudellisen ja tehokkaan käytön rajat ja käyttökohteet, on työmenetelmien käyttöä kokeiltava käytännössä eri tilanteissa. Asentajille, työnjohdolle, suunnittelijoille ja rakennuttajille on muodostuttava rutiini KAT-menetelmistä, jotta kokonaishyöty menetelmien käytöstä voidaan saavuttaa. Teknistaloudellisten käyttökohteiden löytäminen KAT-menetelmille edellyttää lisäksi yhtiökohtaista arviointia. Koekäytöllä voidaan selvittää työmenetelmien taloudelliset vaikutukset.

Jännitetyömenetelmiin koulutettaessa tulee kiinnittää huomiota koulutettavien asentajien valintaan. Jännitetyö ei sovellu kaikille. Ensimmäiset koulutettavat kannattaa valita nuoremmista asentajista, joille on jo kehittynyt riittävä ammatillinen osaaminen mutta joilla asenteet eivät ole esteenä työn tekemiselle jännitetyönä. Työmenetelmien käytön aloittaminen on tehtävä huolella. Alussa jännitetöiden tekeminen voi olla aikavievää,

ennen kuin työrutiini muodostuu. Suositeltavaa on, että aluksi esimies tai työnjohtaja valvoo vierestä työryhmän toimintaa ja työn turvallisuutta. Näin varmistetaan, että jännitetöiden aloittaminen yhtiössä tapahtuu sujuvasti ja työmenetelmistä saadaan positiivisia kokemuksia. Positiiviset kokemukset ovat tärkeitä työmenetelmiä kohtaan olevien asenteiden muuttamiseksi.

6.5.5 Taloudellinen ohjautuminen

Nykyisessä tilaaja-palveluntuottajamallissa KAT-menetelmien käytön edistämisen edellytyksenä on, että niistä hyötyvät sekä verkko- että palveluntuottajayhtiö. Verkkoyhtiö saa hyötyä valvontamallin laatu- ja tehokkuuskannustimien kautta keskeytysten vähentämisessä, mutta palveluntuottajalle uudet työmenetelmät aiheuttavat lisäkuluja. Haastattelussa tuli esille eri tapoja kannustaa palveluntuottajia keskeytyksiä vähentäviin työtapoihin, joita on mietitty tai jo käytetään joissakin verkkoyhtiöissä.

Jotta uudet työmenetelmät olisivat kannattavia palveluntuottajan ottaa käyttöön, tulee niistä saatavan katteen olla yhtä hyvä tai parempi kuin aiempien työmenetelmien. Ellei ohjausta verkkoyhtiön taholta ole, katsoo palveluntuottaja usein kannattavaksi tehdä työn menetelmillä, jotka ovat tuttuja ja joihin löytyy vahva osaaminen – ja ennen kaikkea menetelmillä, jotka nähdään edullisimpana. Jotta töiden tekeminen jakelukeskeytyksettömänä lisääntyisi, tarvitaan palveluntuottajan toiminnan kehittämistä tukevia taloudellisia kannustimia.

Myös palveluntuottajien on selvitettävä työmenetelmien todelliset kustannukset. Nyt KAT-menetelmien urakkahinnat saattavat perustua varauksellisiin arvioihin, kun tilauskanta on pieni. Kun edellytykset KAT-menetelmien käytölle on hankittu, palveluyhtiön on käytettävä hyödyksi kaikki tilaisuudet tehdä jakelukeskeytyksetöntä työtä ja samalla kehittää osaamista. Urakkahintojen määrittäminen laskennallisesti on tehtävä tarkastelemalla kustannuksia pitkällä aikavälillä.

Verkkoyhtiön on otettava jakelukeskeytysten vaikutus huomioon palveluntuottajien kilpailutuksessa, jotta työmenetelmien hintakehitys etenee. Keskeytysten huomioiminen kilpailutuksessa ohjaa pitkällä aikavälillä myös toimintatapojen muutokseen, kun jakelukeskeytyksettömän työn tilaaminen ja tekeminen muodostuu rutiiniksi.

Tällä hetkellä urakointisopimuksissa ei usein ole työkeskeytysten määrään tai pituuksiin vaikuttavia kannustimia. Menetelmiä on kuitenkin kehitteillä ja joissain yhtiöissä käy-

tössä. Yksi esille tulleista tavoista vaikuttaa KAT-menetelmien kannattavuuteen, onkin urakointisopimusten kautta. Kannustimien tuominen urakointisopimuksiin joko suoraan keskeytystuntien hinnoittelulla tai erilaisten laatukannustimien kautta ohjaa palveluntuottajan toimintaa keskeytyksiä vähentävään työhön. Määritettäessä sopivaa tapaa kannustaa suunniteltujen keskeytysten vähentämiseen, tulee huomioida urakointisopimuksen tyyppi. Kausisopimuksille ja yksittäisille suurempien projektien erillissopimuksille voi soveltua erilaiset kannustimet. Esille tulleita menetelmiä vaikuttaa keskeytysten vähentämiseen urakointisopimuksen kautta, ovat:

1. yhtiön sisäinen työkeskeytysmääriin tai jakelukeskeytyksettömän työn määrään sidottu tulostavoite,
2. tilaajan antama tulostavoite palveluntuottajalle,
3. tilaajan vaatimat KAT-menetelmien kappalemäärät sopimuksessa,
4. tilaajan asettama raja katkotunneille sopimuksessa ja
5. tilaajan tekemä palveluntuottajan laatupisteytys osana kilpailutusta.

Palveluntuottajan toimintaa ohjaavan laatuvaatimuksen tai -bonuksen käyttö voi edesauttaa erityisesti KAT-menetelmien käytössä alkutaipaleella olevaa yhtiötä laajentamaan työmenetelmien käyttöä. Palvelujen laadun arvottaminen jakelukeskeytyksiä tarkastelemalla johtaa verkkoyhtiötä sitovan taloudellisen viranomaissäätelyn vaikutusten jakautumiseen verkkoyhtiön ja palveluntuottajan kesken. Oleellista kaikille edellä listatuille menetelmille on, että verkkoyhtiö määrittää, mikä on yhden keskeytyksen tai keskeytystunnin arvo.

Yhtiön sisäinen työkeskeytysten tai jakelukeskeytyksettömän työn määrään sidottu tulostavoite voi tarkoittaa esimerkiksi näiden määrien seuranta ja yhdessä sovittuun tavoitteeseen vertaamista. Tilaaja voi myös määrittää tarjouspyynnössä palveluntuottajille edellä mainittuihin määriin perustuvat tulostavoitteet. Tulospalkkio myönnetään, jos määritetty tavoite toteutuu.

Tilaaja voi sopimuksissa ja tilauspyynnöissä määritellä rajat keskeytysten kappalemäärälle tai keskeytystuntien määrälle. Eräässä yhtiöissä on käytössä palveluntuottajalle annettava yhden tunnin tavoiteaika keskeytystöissä. Jos tämä tavoiteaika sopimuksen määrittämässä työssä ylitetään, on palveluntuottajan toimitettava tilaajalle selvitys tavoiteajan ylittymisestä. Suuremmissa, projektiluontoisissa töissä voi tilaaja tarjouspyynnössä vaatia palveluntuottajilta arviota keskeytystuntien määrästä, jolloin keskey-

tyshaittakriteeri voidaan ottaa osaksi kilpailutusta ja verrata keskeytystunneilla painotettuja urakkahintoja. Tavoiteajan ylittämille tunneille voidaan määrittää hinta tarjouspyynnössä. Vastaavasti tavoiteajan alittamisesta voi koitua vastaava etu palveluntuottajalle. Hinta voidaan määrittää esimerkiksi arvioimalla, kuinka suuri KAH-kustannus yhden tunnin keskeytyksestä verkkoyhtiölle keskimäärin aiheutuu.

Laatupisteytys sopimusten kilpailutuksessa edellyttää keskeytystyön ja jakelukeskeytyksettömän työn tarkkaa seuranta. Verkkoyhtiö tarkastelee, kuinka paljon töistä tehdään jakelukeskeytyksiä aiheuttamatta. Laatupisteytyksessä pisteitä annetaan siitä, kuinka suuren osan töistä palveluntuottaja tekee aiheuttamatta asiakkaille jakelukeskeytystä. Paljon KAT-menetelmillä tekevä palveluntuottaja saa enemmän laatupisteitä, jotka parantavat kyseisen palveluntuottajan kilpailuasemaa. Menetelmä suosii vähän jakelukeskeytyksiä aiheuttavia palveluntuottajia. Verkkoyhtiön on määritettävä, millä tavalla jakelukeskeytyksiä arvioidaan.

HeadPower-portaalissa ja muissa käytetyissä järjestelmissä tulisi kehittää KAT-menetelmien käytön dokumentointiin ja seurantaan soveltuva toiminto. Käytettävän järjestelmän tulisi mahdollistaa esimerkiksi laatupisteytyksen vaatima helppo keskeytystietojen seuranta. Käytetyissä järjestelmissä ei tällä hetkellä ole soveltuvia toimintoja tai niitä ei yhtiöissä tunneta.

6.5.6 Työmenetelmien kehittäminen

Haastatteluissa ilmeni teknisiä rajoitteita KAT-menetelmille. Tarve jakelukeskeytyksettömän työn tekemiseen on olemassa, mutta nykyisillä menetelmillä ei pystytä kaikkiin tarpeisiin vastaamaan. Olemassa olevia menetelmiä olisi kehitettävä edelleen, jotta niiden käytettävyyttä voidaan parantaa. Lisäksi on kehitettävä uusia menetelmiä havaittuihin tarpeisiin niin maakaapeli- kuin ilmajohtoverkossa. Työmenetelmien kehittämisessä on huomioitava voimassa olevat standardit ja säädökset. Standardeja ja säädöksiä on myös tarpeen vaatiessa voitava kehittää uusia toimintatapoja tukeviksi.

7 Keskeytyksiä aiheuttamattomien työmenetelmien taloudellinen tarkastelu

Haastatteluissa ilmeni tarve arvioida laskennallisesti jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien taloudellisia vaikutuksia. Taloudellisia vaikutuksia voidaan tarkastella laskennallisesti erittelemällä jakelukeskeytyksettömiin töihin liittyvät työvaiheet ja niiden kustannukset, ja vertaamalla niitä vaihtoehtoisten työmenetelmien kustannuksiin. Taloudellisia vaikutuksia on tarkasteltu sekä verkkoyhtiön että palveluntuottajan kannalta.

7.1 Kustannuslajit

Sähköverkonhaltijan toimintaa ohjaa vahvasti regulaatio ja sen suoman kohtuullisen tuoton tavoittelu. Sähköverkon suunnittelussa huomioidaan teknisten reunaehtojen, turvallisuusseikkojen ja ympäristön asettamien vaatimusten lisäksi taloudellisuustavoitteet. Sähköverkon kustannukset sen käyttöiän aikana muodostuvat investointikustannuksesta, pitoajan kunnossapito- ja käyttökustannuksista, sekä keskeytyskustannuksista. Verkon suunnittelussa tavoitteena on verkon tekninen mitoittaminen ja taloudellinen optimointi kaavan 7.1 mukaisesti.

$$\int_0^T [K_{inv}(t) + K_{käyt}(t) + K_{kun}(t) + K_{kesk}(t)] dt \approx \sum_{t=1}^T [K_{inv}(t) + K_{käyt}(t) + K_{kun}(t) + K_{kesk}(t)], \quad (7.1)$$

missä	K_{inv}	= investointikustannukset,
	$K_{käyt}$	= käyttökustannukset,
	K_{kun}	= kunnossapitokustannukset,
	K_{kesk}	= keskeytyskustannukset,
	T	= suunnittelujakson pituus [32]

7.1.1 Investointikustannukset

Jakeluverkon investointikustannukset muodostuvat kahdesta osasta: materiaalien hankintakustannuksista ja sähköverkkotöihin liittyvistä työkustannuksista. Työkustannukset sisältävä verkon rakentamisesta ja maastosuunnittelusta aiheutuvat kustannukset. Investointiin ei lasketa siihen liittyviä verkosto- tai rakennesuunnittelun kustannuksia.

7.1.2 Keskeytyskustannukset

Keskeytyksistä aiheutuvaa todellista haittaa on hankala määrittää, sillä se vaihtelee hyvin paljon riippuen keskeytyksen pituudesta, asiakasryhmästä ja toimialasta. Lisäksi energiankäyttö vaihtelee vuorokauden ajasta ja vuodenajasta riippuen. Keskeytyksestä aiheutuvan haitan rahallisen arvon arvioiminen ja yksiselitteisen mallin luominen verkoyhtiölle on siis äärimmäisen vaikeaa. [33]

Keskeytysten aiheuttaman haitan arvostamisessa valvontamallissa käytetään taulukon 1 arvoja. Taulukon arvot perustuvat Teknillisen korkeakoulun ja Tampereen teknillisen yliopiston vuosina 2004 – 2005 tekemän tutkimuksen [33] tuloksiin. Valvontamallissa suunnitelluille keskeytyksille on annettu oma KAH-arvonsa, sillä tutkimuksessa [33] todettiin suunnitellun keskeytyksen aiheuttaman haitan olevan pienempi kuin odottamattomien keskeytysten aiheuttama haitta.

Taulukko 1: Valvontamallissa käytetty keskeytyksen aiheuttama haitta vuoden 2005 rahanarvossa [11]

Odottamaton keskeytys		Suunniteltu keskeytys		Aikajälleen- kytkentä	Pikajälleen- kytkentä
$h_{E,odott}$	$h_{W,odott}$	$h_{E,suun}$	$h_{W,suun}$	h_{AJK}	h_{PKK}
€/kWh	€/kW	€/kWh	€/kW	€/kW	€/kW
11,0	1,1	6,8	0,5	1,1	0,55

Keskeytyskustannukset kasvavat keskeytysalueen tehon ja keskeytysajan kasvaessa. Jakelukeskeytyksetön työ on sitä kannattavampaa, mitä suurempi kuorma suunnitellun keskeytyksen vaikutusalueella on. Suunniteltujen keskeytysten aiheuttaman haitan rahallinen arvo yhdelle keskeytykselle voidaan laskea kaavan 7.2 mukaisesti.

$$KAH - \text{kustannus} = n \cdot P_{ka} \cdot (t \cdot h_{kWh} + h_{kW}), \quad (7.2)$$

missä	n	= asiakasmäärä
	P_{ka}	= keskiteho [kW/asiakas]
	t	= keskeytysaika
	h_{kWh}	= KAH-haitta-arvo [€/kWh]
	h_{kW}	= KAH-haitta-arvo [€/kW]

7.1.3 Kunnossapitokustannukset

Kunnossapitokustannukset ovat operatiivisia kustannuksia, jotka vaikuttavat verkkoyhtiön sallittuun tuottoon valvontamallin tehostamiskannustimen kautta. Verkon ylläpidolla vaikutetaan sähkönlaatuun ja siten keskeytyskustannuksiin. Keski-jänniteverkon kunnossapidon pohjana on viranomaismääräysten ja verkkoyhtiön omien ohjeiden mukainen ennaltaehkäisevä ja suunnitelmallinen huoltotoiminta. [20]

Ennaltaehkäisy toteutetaan erilaisilla tarkastuksilla, joita ovat käyttöönotto-, kunnossapito-, määräaika- ja varmennustarkastukset. Jakeluverkon tarkastus toteutetaan määräajoin verkkoyhtiön laatiman kunnossapito-ohjelman mukaisesti. [20]

Suuri osa KAT-menetelmien käyttökohteista on juuri ylläpitotöissä. Kunnossapito-ohjelman tarkastusten kautta verkkoyhtiö pystyy halutessaan määrittämään eri menetelmien soveltuvuutta omaan verkkoonsa. Ajantasainen tieto verkkotietojärjestelmässä helpottaa menetelmien käyttöä.

7.2 Taloudellisen hyödyn määrittäminen

Yrityksen kannattavuuden määrittelee lopulta yrityksen toiminnan tuottojen ja kustannusten erotus. Kannattavuutta voidaan tutkia sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. [1] Haastatteluiden perusteella jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien kannalta tärkeäksi muodostuu toiminnan määrittäminen ja tarkastelu pitkällä aikavälillä. Tämä on tehtävä sekä verkko- että palveluyhtiöissä.

KAT-menetelmillä saavutetaan taloudellista hyötyä erotustyöhön nähden valvontamallin laatu- ja tehostamiskannustimien kautta. Valvontamallin KAH-arvot perustuvat vuonna 2005 tehtyyn tutkimukseen keskeytyksistä aiheutuvasta haitasta [33]. Työmenetelmän kokonaishyödyn määrittämisen kannalta merkittävää on, valitaanko keskeytyshaitan arvioinnissa käytettäväksi valvontamallin kaikille suunnitelluille keskeytyksille määrittämään yhteistä haitta-arvoa vai tutkimuksen [33] määrittämiä asiakastyypikohtaisia haitta-arvoja. Valvontamallin mukainen haitta-arvo vastaa valvontamallin kautta työmenetelmällä saatavia todellisia taloudellisia hyötyjä, kun taas asiakastyypikohtaiset haitta-arvot kuvaavat paremmin todellista asiakashaittaa ja siten niillä voidaan paremmin kuvata asiakastyytyvää saavutettavaa hyötyä kyseisellä työmenetelmällä. Tässä luvussa käytetään valvontamallin määrittämiä KAH-arvoja vuoden 2010 rahanarvossa.

Jotta KAT-menetelmän käyttö olisi taloudellisesti kannattavaa verkonhaltijalle, tulee KAT-menetelmän urakkakustannusten olla pienempi kuin erotustyön urakkakustannusten ja keskeytyskustannusten summa. Laskentaperiaate on kaavan 7.3 mukainen. Esimerkkilaskelmissa ei huomioida laatukannustimen laatubonukselle ja -sanktiolle regulaation määrittämiä rajoja, sillä työssä tarkastellaan yksittäisiä työkohteita.

$$h_{KAT} < h_{katko} + h_{KAH} , \quad (7.3)$$

missä h_{KAT} = KAT-menetelmien urakkakustannus
 h_{katko} = Erotustyön urakkakustannus
 h_{KAH} = KAH-kustannus, joka on valvontamallin laatukannustimessa ja tehostamiskannustimessa huomioitavien KAH-arvon puolikkaiden summa

Kohteissa, joissa jakelukeskeytyksettömän työn operatiiviset kustannukset ovat pienemmät kuin erotustyön operatiivisten kustannusten ja keskeytyskustannusten summa, saavutetaan etu valvontamallin kautta myös tehostamistavoitteessa. Tehostamistavoitteen mukaisten verkkoyhtiön tehostamiskustannusten laskentaperiaate on esitetty kaavassa 7.4.

$$TOTEX = KOPEX + 0,5 \times KAH, \quad (7.4)$$

missä $TOTEX$ = tehostamistavoitteen mukaiset tehostamiskustannukset
 $KOPEX$ = kontrolloitavissa olevat operatiiviset kustannukset
 KAH = toteutunut sähköntoimituksen keskeytyksistä verkonhaltijan asiakkaille aiheutunut laskennallinen haitta

Keskeytys aiheuttaa taloudellista haittaa verkkoyhtiölle myös muuten kuin valvontamallin kautta. Keskeytyksen aikana jää asiakkaille toimittamatta sähköenergiaa, josta normaalisti saataisiin rahaa. Suuren kulutuksen, kuten teollisuuden ja maatalouden kohdalla menetetyt siirtotulot voivat olla merkittävät. Usein myymättä jääneen sähkön hinnan merkitys on kuitenkin kokonaiskustannuksia katsottaessa pieni.

Huolto- tai kunnossapitotoimenpiteiden sijoituessa alueelle, jossa on kriittisiä asiakkaita, voi keskeytystyö tulla kalliiksi. Esimerkiksi teollisuus ei salli suunniteltuja keskeytyksiä lainkaan, joten verkostotyöt on tehtävä yöaikaan tai viikonloppuisin. Normaalien työaikojen ulkopuolella tehtävä työ on verkkoyhtiölle kallista. Kriittisten asiakkaiden

kanssa on keskeytyksen ajankohta lisäksi sovittava etukäteen. Tämä lisää verkkoyhtiössä käytönsuunnittelun työtaakkaa.

7.3 Esimerkkilaskelmat

Tässä alaluvussa esitellään esimerkkilaskelmat erilaisille työkohteille sekä KAT-menetelmillä että erotustyönä tehtynä. Tarkasteluun on valittu viisi erityyppistä jakeluverkon työtä, joille on esitetty kustannukset. Kustannuksia tarkastellaan KAT-menetelmillä tehtynä sekä erotustyönä normaalityöaikana ja normaalityöajan ulkopuolella tehtynä. KAT:n ja erotustyön kustannuksia vertaillaan toisiinsa. Tarkastellut verkostotyöt ovat seuraavat.

1. Haarajohdon tai maakaapelin liittäminen
2. Erotinhuolto
3. JT-erotuskohdan rakentaminen
4. Yksittäisen pylvään vaihto
5. Tilapäinen syöttö aggregaatti-muuntamo-yhdistelmän avulla

Haastatelluilta yhtiöiltä kerättyjen kustannustietojen avulla on laskentaan valittu eri työvaiheille sopivat laskenta-arvot eri tuntihinnoille, työtunneille, keskimääräiselle keskeytysajalle ja keskimääräiselle asiakasmäärälle. Yhtiöiltä kysytyjen tietojen perustella lasketut esimerkit on esitetty liitteen C taulukoissa. Taulukon arvot ovat suuntaa-antavia, eivätkä kuvaa suoraan minkään yhtiön todellisia kustannuksia tai eri vaiheisiin kuluvia aikoja. Kerättyjä tietoja on käytetty alalukujen 7.3.1 – 7.3.5 laskennassa.

Keskeytyksestä aiheutuvan haitan laskennassa keskituntitehon ja keskimääräisen vuosienenergian arvoina on käytetty Teknillisen korkeakoulun ja Tampereen teknillisen yliopiston vuosina 2004 – 2005 tekemään tutkimukseen [33] perustuvia arvoja. Laskelmissa on käytetty tutkimuksessa esitettyjä kotitalouksien valtakunnallisia arvoja.

Työkohteessa vallitsevista olosuhteista riippuen työhön tarvittavan keskeytyksen pituus voi vaihdella hieman. Keskeytysalueen asiakasmäärä ja keskituntiteho voivat vaihdella työkohteesta ja työn ajankohdasta riippuen suuresti.

Suunnitellun keskeytyksen keskimääräisen tuntihinnan määrittäminen yleisellä tasolla on vaikeaa. Siksi laskelmissa on käytetty kotitalouksien keskimääräistä vuosikulutusta. Mutta on huomioitava, että maatalouden ja teollisuuden kohdalla kulutus on tähän ver-

rattuna huomattavasti suurempaa. Esimerkiksi maatalouden vastaava keskituntiteho olisi 4,5 kilowattia, eli käytettyyn laskenta-arvoon verrattuna 7-kertainen [33]. Keskeytyskustannusten laskennassa käytetään samaa teoreettista arvoa teholle sekä normaali-työaikana että muuna aikana. Todellisuudessa kulutus vaihtelee vuorokauden eri aikoina ja on yleensä yöllä pienempi. Laskelmissa käytetyt KAH-kustannukset ovat kuitenkin todellisen suunnitellun keskeytyksen keskimääräistä KAH-kustannusta huomattavasti pienemmät, koska vain kotitaloudet on huomioitu. Verkkoyhtiöiden tulisikin itse määrittää keskeytystunnille hinta esimerkiksi suunniteltujen töiden keskimääräisen KAH-kustannuksen perusteella.

Taulukossa 2 on kuvattu jännitetyövälineiden hintoja sekä työmenetelmäkohtaista tarvetta. Esimerkkilaskelmissa alaluvuissa 7.4.1–7.4.3 käytetään täyssarjaa, joka koostuu taulukon välinepaketeista A-C. Alaluvun 7.4.4 laskelmissa käytetään taulukon välinepakettia F. Lista välinepakettien sisältämistä työvälineistä on liitteessä D. Taulukon 2 arvot ovat suuntaa-antavia hintoja.

Taulukko 2: Jännitetyöhön tarvittavien työvälineiden hinnat. Hinnat ovat suuntaa-antavia. [34]

	A	B	C	D	E	F
	KytKentä-työvälineet, täyssarja	Lisävälineet, erotinhuolto	Huoltovälineet, täyssarja	KytKentä-työvälineet, puolisarja	Huoltovälineet, puolisarja	Työvälineet, pylväänvaihto
Hinta, €	5 000	1 200	2 300	3 700	200	6 800

Taulukossa 3 on esitetty jännitetyökoulutuksen kustannukset henkilöä kohden. Esitetyt kustannukset koostuvat jännitetyökurssin hinnasta ja matkakuluista. Yhtiöiden on lisäksi huomioitava tuottavuuden menetykset koulutuksen aikana.

Taulukko 3: Jännitetyökoulutuksen aiheuttamat kustannukset työmenetelmittäin koulutettavaa henkilöä kohden. Kustannuksissa on huomioitu matkakulut.

	Peruskoulutus	Täydennyskoulutus					
	20 kV:n kytKentä-työt	Johtoerotinhuolto	Erotuskohta avojohtoon	Varoitusmerkinnät	Pylväiden vaihto	20 kV:n kojeistojen puhdistus	Veitsierottimien liuotinpuhdistus
Kesto [d]	4	1	1	1	3	1	1
Hinta [€]	2 000	500	500	500	1 500	500	500

Laskelmissa oletetaan, että yhden erikoiskoulutetun asentajan vuoden aikana tekemän jännitetyön määrä tunteina on taulukon 4 mukainen. Asentajatunteihin on laskettu mu-

kaan asennustyö, esivalmistelut, verkon kytkentöjen suorittaminen ja niistä verkkoyhtiölle ilmoittaminen sekä työnsuunnittelu, joka yleensä laskutetaan osana asennustyötä. Laskennassa käytetyt vuotuiset tuntimäärät on määritetty haastatelluilta yhtiöiltä kerättyjen tietojen avulla. Tuntimäärät vaihtelevat yhtiöittäin riippuen jännitetöiden ja työtä tekevien asentajien määristä.

Taulukko 4: Laskennassa käytetyt vuotuiset asentajatunnit jännitetyössä. Asentajatunti kuvaa yhden asentajan yhden tunnin työpanosta.

	Pylväänvaihto jännitetyönä	Muu jännitetyö
Asentajatunnit [h/a, asentaja]	50	50

Koulutus- ja työvälinekustannukset on esimerkkilaskelmissa otettu huomioon jakamalla kustannukset vuotuisilla asentajatunneilla. Investoinnin kuoletusajaksi on valittu 5 vuotta. Yhtä työvälinesettiä kohden oletetaan koulutettavan kolme asentajaa, jolloin jännite-työvalmius on mahdollista säilyttää myös lomakausina. Jännitetyölle on määritetty lisäkustannus tuntia kohden investointien huomioimiseksi laskelmissa. Laskennassa on käytetty taulukon 5 arvoja.

Työvälineiden työlle aiheuttama lisäkustannus vuodessa on siis työvälineiden hankintahinta kertaa hankittavien työvälineiden määrä jaettuna investoinnin kuoletusajalla. Vastaavasti koulutuksen työlle aiheuttama lisäkustannus vuodessa on koulutuksen hinta kertaa koulutettavien määrä jaettuna investoinnin kuoletusajalla. Tuntikustannus saadaan jakamalla näiden summa vuotuisella asentajatyön tuntimäärällä, joka on käytetty jännitetyöhön.

Taulukko 5: Jännitetyöhön vaadittavien perusvälineiden ja koulutuksen kustannukset, joiden perusteella on määritetty laskennassa käytetty investointien tuntikustannus.

Hankitut työvälinesetit	10	
Koulutettu henkilöstö	30	
	Hinta [€]	Kuoleetus- aika [a]
Työvälineet	8 500	5
Koulutus	2000	5
Vuosikustannus [€/a]	29000	
Asentajatunnit vuodessa [h/a]	1500	
Tuntikustannus [€/h]	19	

7.3.1 Case 1: Haarajohdon kytkeminen

KAH-kustannukset on laskettu taulukossa 6 käyttäen kaavaa 7.2. Keskeytyksestä aiheutuvan haitan laskennassa on käytetty taulukon 1 arvoja energialle ja teholle, muutettuna vuoden 2010 rahanarvoon.

Taulukko 6: KAH-kustannukset haarajohdon kytkennässä. KAH-arvot energialle ja teholle on annettu vuoden 2010 rahanarvossa.

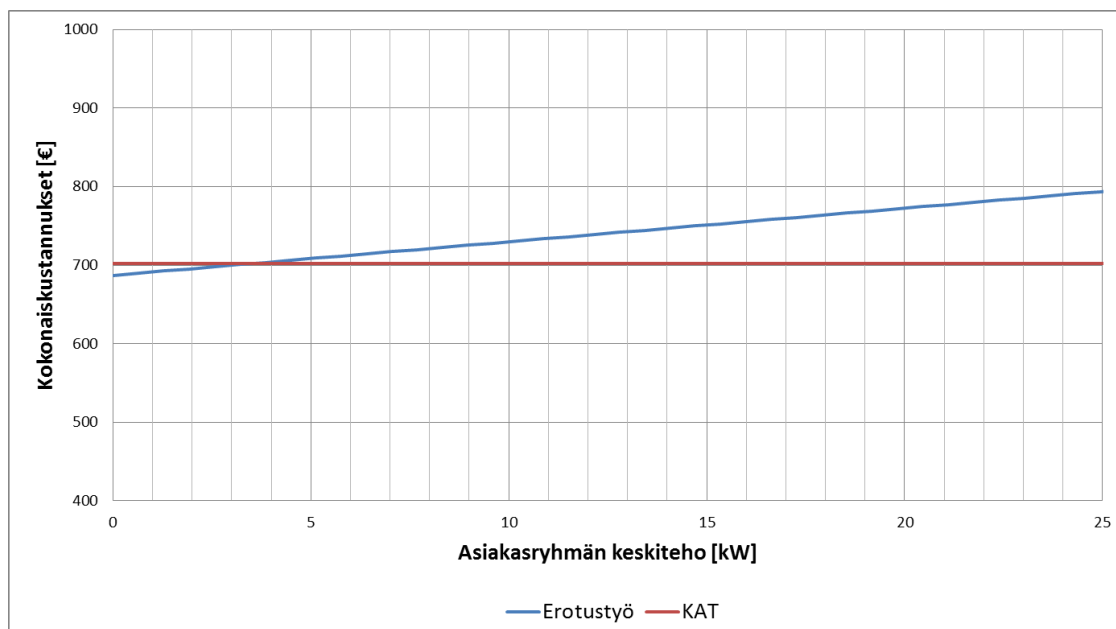
KAH-kustannukset:	
Asiakasmäärä [kpl]	50
Teho per asiakas [kW]	0,64
Keskeytysaika [h]	0,5
Energia [€/kWh]	7,54
Teho [€/kW]	0,55
Yhteensä [€]	138,24

Taulukon 7 arvot on koottu liitteen C laskelmista, joista selviävät kustannuslajit ja työvaihekohtaiset kustannukset. Kytkentätöissä eroa hintaan tuovat mm. jännitetyöliittimen korkeampi hinta, joka on huomioitu materiaalikustannuksissa. Materiaalikustannukset ovat korkeammat, sillä jännitetyöliittimet ovat tavanomaisia liittimiä kalliimpia.

Taulukko 7: KAT-menetelmän ja keskeytystyön kustannusten vertailu. Jännitetyön työväline- ja koulutuskustannukset on huomioitu. Luvut ovat suuntaa-antavia.

	KAT / JT	Keskeytystyö	
	Normaalityöaikana	Normaalityöaikana	Muuna aikana
Verkkoyhtiö:			
Suunnittelu	18	18	18
Keskeytysilmoitukset	0	105	105
Käyttö ja käytönsuunnittelu	53	88	88
KAH-kustannukset	0	138	138
Yhteensä	71	349	349
Palveluntuottaja:			
Suunnittelu	47	38	50
Materiaalit	289	162	162
Kytkenät	52	138	206
Asennustyö	173	88	131
Ajoneuvot	50	50	50
Yhteensä	611	476	599
Kokonaissumma	682	825	948

Kuvassa 20 on verrattu KAT-menetelmien ja keskeytystyön kokonaiskustannuksia asiakasryhmän keskitehon funktiona. Kuvaajasta nähdään, että KAT-menetelmillä saatava etu kasvaa kuorman kasvaessa keskeytyksen vaikutusalueella. Jännitetyö on esimerkkilaskelman mukaan kannattavaa myös pienen kulutuksen alueilla.



Kuva 20: Kokonaiskustannukset haarajohdon kytkennässä keskeytysalueen asiakasryhmän keskitehon funktiona.

7.3.2 Case 2: Erotinhuolto

KAH-kustannukset on laskettu taulukossa 8 käyttäen kaavaa 7.2. Keskeytyksestä aiheutuvan haitan laskennassa on käytetty taulukon 1 arvoja energialle ja teholle, muutettuna vuoden 2010 rahanarvoon.

Taulukko 8: KAH-kustannukset erotinhuollossa. KAH-arvot energialle ja teholle on annettu vuoden 2010 rahanarvossa.

KAH-kustannukset:	
Asiakasmäärä [kpl]	50
Teho per asiakas [kW]	0,64
Keskeytysaika [h]	1
Energia [€/kWh]	7,54
Teho [€/kW]	0,55
Yhteensä [€]	258,88

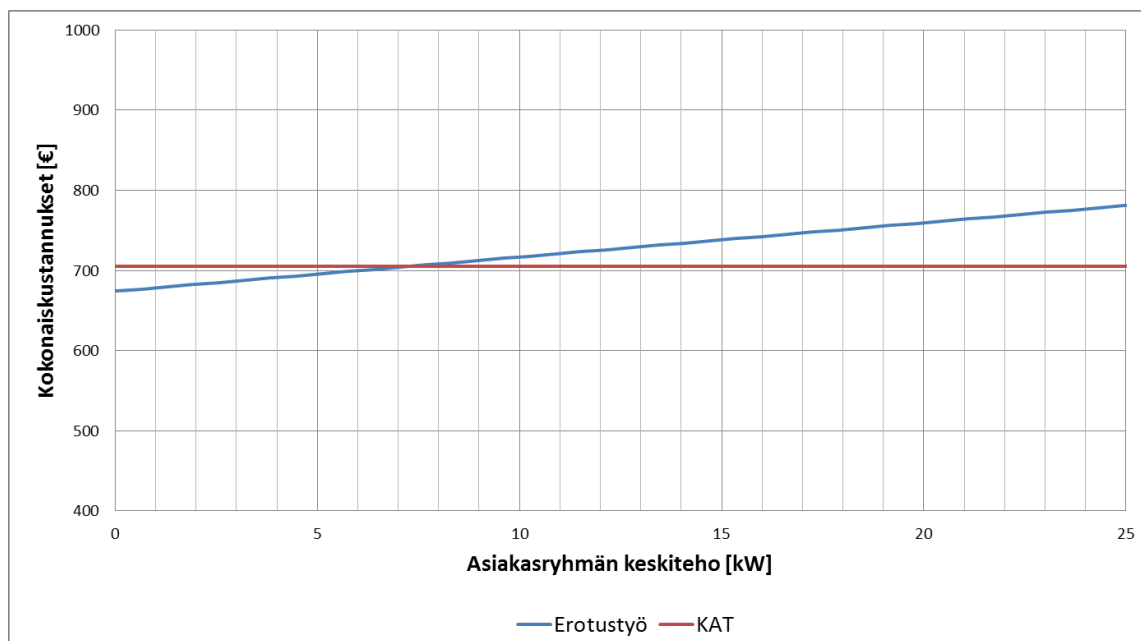
Taulukon 9 arvot on koottu liitteen C laskelmista, joista selviävät kustannuslajit ja työvaihekohtaiset kustannukset. Tässä laskelmassa on tarkasteltu erotinhuoltoa puhtaasti jännitetyönä tehtynä. Jännitetyönä voidaan lähtökohtaisesti tehdä kaikki työt, jotka eivät

vaadi komponenttien irrottamista tai kytkemistä. Laskelmassa on oletettu, että korvaava syöttö järjestetään ohittamalla erotin tilapäisillä ohitusjohtimilla tai -kaapeleilla. Työhön liittyy tällöin myös JT-kytkentätyö.

Taulukko 9: KAT-menetelmän ja keskeytystyön kustannusten vertailu. Jännitetyön työväline- ja koulutuskustannukset on huomioitu. Luvut ovat suuntaa-antavia. Luvut ovat euroja.

	KAT / JT	Keskeytystyö	
	Normaalityöaikana	Normaalityöaikana	Muuna aikana
Verkkoyhtiö:			
Suunnittelu	18	18	18
Keskeytysilmoitukset	0	105	105
Käyttö ja käytönsuunnittelu	53	88	88
KAH-kustannukset	0	259	259
Yhteensä	71	470	470
Palveluntuottaja:			
Suunnittelu	47	38	50
Kytkenät	0	125	188
Asennustyö	433	238	356
Ajoneuvot	50	50	50
Yhteensä	530	451	644
Kokonaissumma	601	921	1114

Kuvassa 21 on verrattu KAT-menetelmien ja keskeytystyön kokonaiskustannuksia asiakasryhmän keskitehon funktiona. Kuvaajasta nähdään, että KAT-menetelmillä saatava etu kasvaa kuorman kasvaessa keskeytyksen vaikutusalueella. Jännitetyö on esimerkkilaskelman mukaan kannattavaa myös pienen kulutuksen alueilla.



Kuva 21: Kokonaiskustannukset erotinhuollossa keskeytysalueen asiakasryhmän keskitehon funktiona.

7.3.3 Case 3: JT-erotuskohdan rakentaminen

KAH-kustannukset on laskettu taulukossa 10 käyttäen kaavaa 7.2. Keskeytyksestä aiheutuvan haitan laskennassa on käytetty taulukon 1 arvoja energialle ja teholle, muutettuna vuoden 2010 rahanarvoon.

Taulukko 10: KAH-kustannukset JT-erotuskohdan rakentamisessa. KAH-arvot energialle ja teholle on annettu vuoden 2010 rahanarvossa.

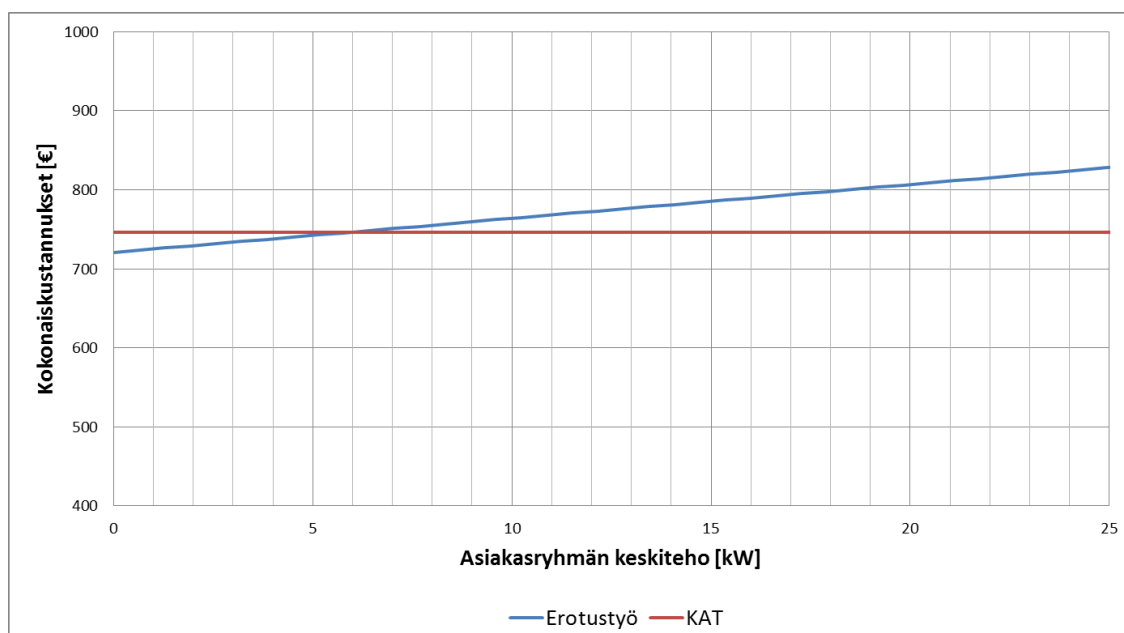
KAH-kustannukset:	
Asiakasmäärä [kpl]	50
Teho per asiakas [kW]	0,64
Keskeytysaika [h]	1
Energia [€/kWh]	7,54
Teho [€/kW]	0,55
Yhteensä [€]	258,88

Taulukon 11 tarkemmat kustannuslaskelmat ovat liitteessä C. Tässä laskelmassa on verrattu JT-erotuskohdan rakentamista keskeytystyönä ja erotustyönä. Jälleen asennustyön osuus on merkittävä kokonaiskustannusten kannalta.

Taulukko 11: JT-erotuskohdan rakentaminen jännitetyönä ja keskeytystyönä. Jännitetyön työväline- ja koulutuskustannukset on huomioitu. Luvut ovat suuntaa-antavia. Luvut ovat euroja.

	KAT / JT	Keskeytystyö	
	Normaalityöaikana	Normaalityöaikana	Muuna aikana
Verkkoyhtiö:			
Suunnittelu	70	70	70
Keskeytysilmoitukset	0	105	105
Käyttö ja käytönsuunnittelu	53	88	88
KAH-kustannukset	0	259	259
Yhteensä	123	522	522
Palveluntuottaja:			
Suunnittelu	119	100	125
Kytkenät	87	138	200
Asennustyö	416	150	225
Ajoneuvot	70	70	70
Yhteensä	692	458	620
Kokonaissumma	815	980	1142

Kuvassa 22 on verrattu KAT-menetelmien ja keskeytystyön kokonaiskustannuksia asiakasryhmän keskitehon funktiona. Kuvaajasta nähdään, että KAT-menetelmillä saatava etu kasvaa kuorman kasvaessa keskeytyksen vaikutusalueella. Kuten menetelmät edellisissä esimerkeissä, myös erotinhuolto on jännitetyönä kannattavaa jopa pienen kulutuksen alueilla.



Kuva 22: Kokonaiskustannukset erotuskohdan rakentamisessa keskeytysalueen asiakasryhmän keskitehon funktiona.

7.3.4 Case 4: Pylväänvaihto

Taulukossa 12 on esitetty yksittäisen pylvään vaihdon kustannukset sekä jännitetyönä että keskeytystyönä tehtynä. Näemme, että joissain työkohteissa on mahdollisuus säästää merkittäviä taloudellisia etuja käyttämällä jännitetyömenetelmiä perinteisen erotustyön sijasta.

Taulukko 12: KAH-kustannukset pylväänvaihdossa. KAH-arvot energialle ja teholle on annettu vuoden 2010 rahanarvossa.

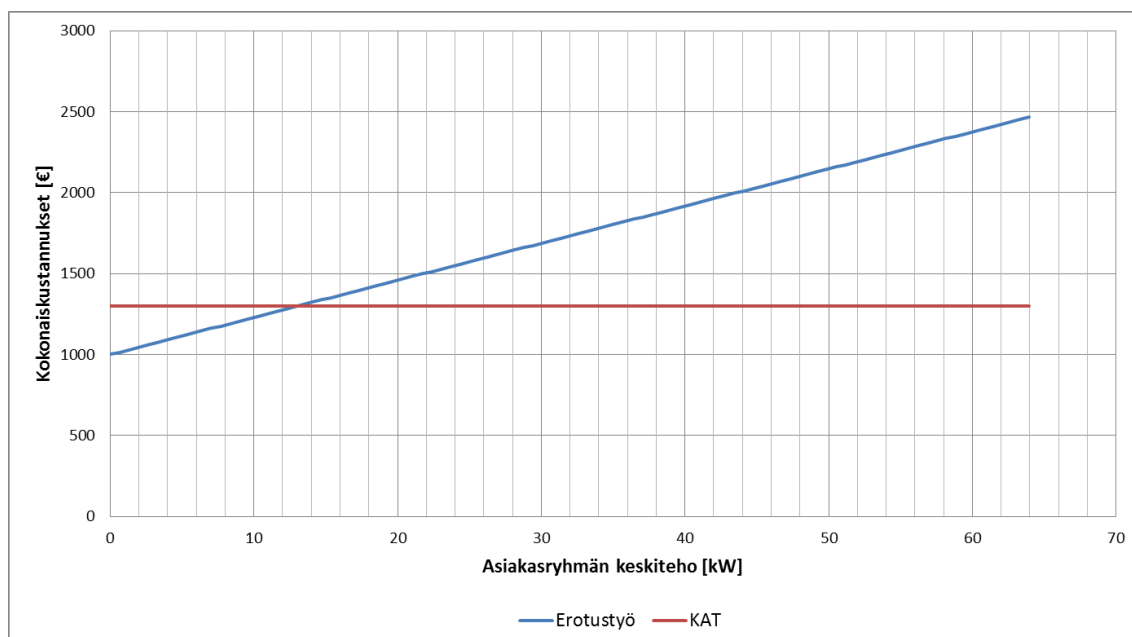
KAH-kustannukset:	
Asiakasmäärä [kpl]	50
Teho per asiakas [kW]	0,64
Keskeytysaika [h]	2
Energia [€/kWh]	7,54
Teho [€/kW]	0,55
Yhteensä [€]	499,26

Taulukon 13 arvot on koottu liitteen C laskelmista, joista selviävät kustannuslajit ja työvaihekohtaiset kustannukset. Tässä on tarkasteltu yksittäisen pylvään vaihtoa. Usein yksittäiset pylväänvaihdot ajoitetaan muiden töiden yhteyteen tai samalta alueelta vaihdetaan useampi pylväs. Kokonaiskustannuksissa painottuu asennustyön osuus ja keskeytysajan ollessa pidempi myös keskeytyskustannukset.

Taulukko 13: KAT-menetelmän ja keskeytystyön kustannusten vertailu pylväänvaihdossa. Jännitetyön työväline- ja koulutuskustannukset on huomioitu. Luvut ovat suuntaa-antavia. Luvut ovat euroja.

	KAT / JT	Keskeytystyö	
	Normaalityöaikana	Normaalityöaikana	Muuna aikana
Verkkoyhtiö:			
Suunnittelu	35	35	35
Keskeytysilmoitukset	0	105	105
Käyttö ja käytönsuunnittelu	53	88	88
KAH-kustannukset	0	499	499
Yhteensä	88	727	727
Palveluntuottaja:			
Suunnittelu	104	75	100
Kytkenöt	87	138	206
Asennustyö	555	250	375
Ajoneuvot	50	50	50
Konetyö	300	225	225
Yhteensä	1096	738	956
Kokonaissumma	1184	1465	1683

Kuvassa 23 on tarkasteltu kokonaiskustannuksia pylväänvaihdossa asiakasryhmän keskitehon funktiona. Kuvaajasta nähdään, että KAT-menetelmillä saatava etu kasvaa kuorman kasvaessa keskeytyksen vaikutusalueella. Keskeytysaika pylväänvaihdossa on usein 2-3 tuntia. Koska keskeytysaika voi olla huomattavasti suurempi kuin muissa tarkasteluissa töissä, on erotustyön hinnan kasvukäyrä jyrkempi. Tällä hetkellä pylväänvaihdon työkustannukset jännitetyönä tehtäessä näyttävät olevan suuremmat. Ilman KAH-kustannusta yksittäisen pylvään vaihtaminen on kalliimpaa nykyisillä menetelmillä.



Kuva 23: Pylväänvaihto. Kokonaiskustannukset suunnitellun keskeytyksen vaikutusalueen keskitehon funktiona.

7.3.5 Case 5: Varavoimasyöttö 20 kV:n verkkoon

Tässä tapauksessa tutkittiin varavoiman kytkemistä siirrettävän muuntamon avulla 20 kV:n keskijänniteverkkoon. Menetelmä on melko uusi, eikä vielä yleistynyt. Menetelmä tulee kannattavaksi, kun keskeytysaika on useita päiviä, keskeytysalue on suuri tai kun keskeytysalueella on kriittisiä asiakkaita.

Taulukko 14: KAH-kustannukset verkostotyössä, jossa käytetään apuna varavoimakonetta. KAH-arvot energialle ja teholle on annettu vuoden 2010 rahanarvossa.

KAH-kustannukset:	
Asiakasmäärä [kpl]	100
Teho per asiakas [kW]	0,64
Keskeytysaika [h]	4
Energia [€/kWh]	7,54
Teho [€/kW]	0,55
Yhteensä [€]	1965,44

KAH-kustannukset on laskettu taulukossa 14 käyttäen kaavaa 7.2. Keskeytyksestä aiheutuvan haitan laskennassa on käytetty taulukon 1 arvoja energialle ja teholle, muutettuna vuoden 2010 rahanarvoon. Laskelmissa on tutkittu tapausta, jossa asiakkaita työn vaikutusalueella on 100 ja asiakaskohtainen keskiteho on 0,64 kW.

Taulukko 15: KAT-menetelmän ja keskeytystyön kustannusten vertailu. Jännitetyön työväline- ja koulutuskustannukset on huomioitu. Luvut ovat euroja.

	KAT / JT	Keskeytystyö	
	Normaalityöaikana	Normaalityöaikana	Muuna aikana
Verkkoyhtiö:			
Suunnittelu	70	70	70
Keskeytysilmoitukset	0	140	140
Käyttö ja käytönsuunnittelu	88	175	175
KAH-kustannukset	0	1962	1962
Yhteensä	158	2347	2347
Palveluntuottaja:			
Suunnittelu	189	150	200
Kytkenät	87	125	188
Asennustyö	693	500	750
Varavoima	1200	0	0
Ajoneuvot	70	50	50
Yhteensä	2239	825	1188
Kokonaissumma	2397	3172	3535

Taulukon 15 arvot on koottu liitteen C laskelmista. Laskelmat ovat suuntaa-antavia, eivätkä kuvaa minkään yksittäisen yhtiön lukuja. Tässä on tarkasteltu kymmenen pylvään vaihtamista haaralinjan johtosuoralla olettaen, että edellisen esimerkkilaskelman mukaisesti päivän aikana ehditään suorittamaan kaksi pylväänvaihtoa. Laskelmissa ei näy työkohteeseen siirtymiseen kuluva aikaa, sillä se vaihtelee kohteesta riippuen ja on työmenetelmästä riippumaton. Varavoiman kustannukset sisältävät kuljetuksen, kytkennät ja käyttökustannukset.

Taulukosta 15 voidaan todeta, että työn vaikuttaessa suurempaan määrään asiakkaita, on varavoimakoneen käyttäminen kannattavampaa. Varavoiman käyttökustannuksista suurin osuus aiheutuu usein polttoainekuluista. Yrityskuvaan heijastuvaa todellista asiakashaittaa ei ole laskelmissa huomioitu.

7.4 Yhteenveto laskelmista

Valituissa työkohteissa voidaan laskelmien perusteella saavuttaa taloudellista hyötyä käyttämällä KAT-menetelmiä. Haastatelluilta yhtiöiltä saadut tiedot osoittivat kuitenkin, että työn tekemisen kustannukset ja eri työvaiheiden vaatima työpanos vaihtelevat yhtiöstä toiseen.

Jotta taloudellisten laskelmien perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä työmenetelmien kannattavuudesta yhtiökohtaisesti, tulee yhtiöiden määrittää omaan verkkoonsa soveltuvat raja-arvot asiakasmäärille ja siirtoenergioille tai -teholle. Suunnitellun keskeytyksen taloudellisia vaikutuksia työkohteen vaikutusalueella voidaan mallintaa määrittämällä vaikutusalueen keskiteho. Tätä varten on tässä työssä laadittu laskentataulukko, joka toimii apuvälineenä verkon suunnittelulle. Työkohtaisten yksikköhintojen ja verkkotietojärjestelmästä saatavien työkohteen verkkotietojen avulla voidaan määrittää, onko kohteessa taloudellisesti kannattavaa käyttää KAT-menetelmiä. Laskennassa on käytetty Energiamarkkinaviraston laatiman valvontamallin [11] määrittämiä KAH-arvoja.

Verkkoyhtiön on määritettävä, kuinka suuri vaikutus keskeytyksillä on asiakkaille, eli kuinka suuri on keskeytyksen asiakashaitta ja sen myötä vaikutus yhtiön imagoon. On muistettava, että päivän huippukulutuksen aikana toteutetun suunnitellun keskeytyksen haitta on laskelmissa käytettyä keskiarvoa huomattavasti suurempi ja vastaavasti pienen kulutuksen aikaan haitta on pienempi.

On myös huomattava että KAT-menetelmien tehokkuus kasvaa ja kustannukset alenevat kun töiden määrä kasvaa ja osaamistaso kehittyy. Esimerkiksi pylväänvaihdosta jännite-työnä Suomessa ei vielä ole laajaa kokemusta. Vasta muutama työryhmä toimii tällä menetelmällä ja töitä on ollut rajoitetusti. [14]

8 Johtopäätökset

Työssä havaittiin useita kipupisteitä, jotka vaikeuttavat KAT-menetelmien käytön laajentamista. Haasteet kulminoituvat tietoisuuteen työmenetelmistä, työmenetelmiä kohtaan oleviin asenteisiin, kustannuslaskelmien puutteeseen, tilaaja-palveluntoimittajasuhteen kehittymättömyyteen, sekä valtakunnallisen, menetelmien yhteisen kehittämisen puuttumiseen.

8.1 Havainnot

Keskeytyksiä aiheuttamattomien työmenetelmien käytön vähyys ei näytä kertovan niinkään menetelmien käytettävyydestä, vaan tietoisuuden puutteesta ja sitoutumattomuudesta jakelukeskeytyksettömän työn tilaamiseen ja tekemiseen. Haastattelujen perusteella tietoisuus työmenetelmien käyttömahdollisuuksista eroaa paljon yhtiöstä toiseen. Syynä tähän on ainakin tutkimuksen ja teknistaloudellisten laskelmien puute. Edellä mainittujen lisäksi tärkeänä vaikuttimena esille nousivat asenteiden juurtuminen totuttuihin toimintatapoihin ja ennakoluulot KAT-menetelmiä kohtaan. Palveluntuottajayhtiöissä on totuttu tekemään ja verkkoyhtiöissä tilaamaan suunnitellut työt jakelukeskeytyksellä.

Tarve asennemuutokselle

KAT-menetelmien nykytilanne on sekava: palvelun tilaaminen ja toimittaminen eivät kohtaa. Osassa verkkoyhtiöistä tilataan kaikki työt jakelukeskeytyksettömänä, mutta suurin osa töistä toteutetaan edelleen erotustyönä. Verkkoyhtiöissä syyksi tähän nähtiin palveluntuottajan haluttomuus toimittaa tilattua palvelua ja kehittää toimintaansa KAT-menetelmien käyttöä tukevaksi, kun taas palveluyhtiöissä ongelmaksi koettiin tilausten vähyys, verkkoyhtiöiden sitoutumattomuus töiden tilaamiseen jakelukeskeytyksettömänä ja KAT-menetelmien käyttöön ohjaavan kannustimen puute. Töiden tilaamisessa ratkaisevaa on lopulta urakan hinta. Palveluyhtiössä työmenetelmän valinnasta vastaa viime kädessä työkohteessa toimiva työryhmä. Jakelukeskeytyksettömään työhön ohjaava vaikutus on kuitenkin tultava johtotasolta ja viestin on edettävä tilaus-palveluntoimitusketjun jokaiselle henkilölle – aina työtä tekeväälle työryhmälle asti. Tällä hetkellä näin ei tapahdu. Toiminnassa sekä verkko- että palveluyhtiössä näkyy selkeästi työmenetelmiin liittyvä työntekijöiden perehdyttämisen puute, sekä juurtuminen

pelkkien urakkahintojen katsomiseen ja töiden rutinoituneeseen tekemiseen totutuilla menetelmillä.

Kouluttaminen

Henkilöstön perehdyttämistä KAT-menetelmiin tarvitaan sekä verkko- että palveluyhtiöissä. Koulutettavia henkilöitä ovat rakennuttajaorganisaation projektinjohtoon ja tilaamiseen osallistuvat henkilöt, maastosuunnittelijat, sekä palveluyhtiössä töidensuunnittelussa ja esimiestehtävissä toimivat henkilöt. Perehdyttämisen lisääminen toimihenkilötasolla voi edesauttaa KAT-menetelmien omaksumista osaksi normaalia toimintaa. Henkilöstön perehtymistä edesauttamaan tulee kehittää toimintaohjeistus. Toimintaohjeistuksen tulee kertoa, mitä on otettava huomioon jakelukeskeytyksettömien töiden mahdollistamiseksi. Jokaisessa yhtiössä olisi myös hyvä olla KAT-menetelmien käytön kehittämisestä vastaava henkilö.

Tietoisuuden ja yhteistyön lisääminen

Yhtiöissä on löydetty erilaisia ratkaisuja suunniteltujen keskeytysten vähentämiseen, mutta tieto eri menetelmistä ja niiden käytettävyydestä ei leviä yhtiöstä toiseen. Valta-kunnallisesti työmenetelmien käytön laajentamista hidastaa yhtiöiden välisen yhteistyön vähyys. Jopa verkkoyhtiön ja tälle palveluita tuottavan yhtiön välinen yhteistyö menetelmien kehittämiseksi voi olla vähäistä tai olematonta. Tilanteen aukaisemiseksi tarvetaan on verkko- ja palveluntuottajia yhdistävälle foorumille, jossa käsitellään KAT-menetelmiä ja niiden kehittämistä. Tällaisen foorumin järjestäminen on tapahduttava verkko- ja palveluntuottajayhtiöiden yhteistyöllä. Johtavaksi toimielimeksi foorumille soveltuu esimerkiksi alan kattojärjestö tai jokin koulutusta ja ohjeistusta kehittävä taho.

Taloudellisten vaikutusten selvittäminen

Haastatteluissa havaittiin, että jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien analysoiminen suunniteltujen keskeytysten vähentämisen kannalta on haastavaa. Sähköverkon suunnittelu ja rakentaminen ovat laajoja prosesseja, joissa toimintatapoja arvioidaan kokonaisvaltaisesti. Yhteen lopputulokseen voidaan päästä monilla eri keinoilla – ja erilaisilla työmenetelmillä. Työmenetelmien hyöty verkolle ja asiakkaalle on kuitenkin vaikea määrittää rahallisesti, mikä vaikeuttaa hyötyjen arvottamista urakan tilausvaiheessa.

Suunnitellun keskeytyksen järjestämisestä aiheutuvat kustannukset ovat yhtiöissä selvittämättä. Työmenetelmien kokonaiskustannusten laskennallinen tarkastelu on sekä verkko- että palveluyhtiöissä tekemättä. Osassa verkkoyhtiöistä on avattu urakkahintoja ja arvioitu työn tekemisen kustannuksia, mutta yhtiön sisäisiä kustannuksia ei ole selvitetty. Verkkoyhtiöiden tulisi arvioida työmenetelmien kustannuksia laskennallisesti. Yhtiöiden on selvitettävä, mitä suunnitellun keskeytyksen järjestäminen maksaa ja verrata tätä jakelukeskeytyksettömän työn kustannuksiin. Verkon töille ja työmenetelmille on määritettävissä tyypikohtaiset kannattavan toiminnan rajat. Rajat voidaan määrittää esimerkiksi asettamalla keskeytystunnille hinta ja laskemalla keskeytysalueen teholle raja-arvo.

Myöskään palveluyhtiöissä ei tarkempaa kustannusselvitystä jännitetyömenetelmille ole tehty. Urakkahinnoissa näkyy epävarmuus tilauskannan jatkumisesta ja todellisista palveluyhtiölle aiheutuvista kustannuksista. Tarkempia kustannuslaskelmia ei välttämättä kuitenkaan ole tehty. Työmenetelmien käytön edistämiseksi olisi yhtiöiden selvitettävä työmenetelmien taloudellinen kokonaisvaikutus omalla toimialueella. Nyt palveluntuottaja haluaa saada työvälineiden ja koulutuksen kustannukset kuoletettua mahdollisimman nopeasti, koska takeita tilauskannan jatkumisesta ei heidän näkökulmastaan ole.

Sopimukset

Kausisopimukset kestävät nykyään usein 2-3 vuotta. Se on edistystä aiempaan, mutta edelleen ajaa palveluntuottajia suunnittelemaan lyhyellä tähtäimellä ja keskittymään yhtiön normaalin toiminnan ylläpitämiseen. Palveluntoimittajien suunnittelun tulisi ulottua pidemmälle aikavälille. Laite- ja työvälineinvestoinnit jaetaan nyt usein muutamalle vuodelle.

Verkkoyhtiön ja palveluntuottajan on lisäksi sovittava yhteisistä tavoitteista, kun siirrytään käyttämään KAT-menetelmiä. Yhteiset tavoitteet voidaan sopia esimerkiksi erillisellä puitesopimuksella tai tavoitteet voidaan ottaa huomioon tarjouspyynnöissä. Tavoitteet on määriteltävä tarkasti.

Osaamiseen sijoittaminen

Haastatteluissa havaittiin, että työmenetelmiin liittyviä suuria investointeja pyritään välttämään. Koneiden, ajoneuvojen ja työvälineiden hankkiminen sekä asentajien kou-

luttaminen ovat sijoituksia osaamiseen ja palveluntarjonnan laajentamiseen, mikä tulisi nähdä kilpailuetuna.

Työväline- ja koulutuskustannusten vaikutus vähenee, kun kustannukset jakautuvat suuremmalle määrälle töitä. Vaikutuksen vähentyminen urakkahinnoissa näkyisi kilpailukykyisempinä hintoina. Hintojen alentuminen johtaisi työmenetelmien taloudellisten käyttömahdollisuuksien laajenemiseen, mikä johtaisi edelleen alkuinvestointien jakaantumiseen suuremmalle määrälle työkohteita ja edelleen työmenetelmien hinnan alenemiseen. Ideaalitulanteessa KAT-menetelmiä käytettäisiin kaikissa työkohteissa, joissa se on teknisesti mahdollista.

Työmenetelmät tarjoavat jo nyt helpotusta palveluntuottajan toimintaan. Kun käytetään yksikköhintoja, taloudellinen hyöty vaihtelee kohteesta toiseen. Palveluyhtiöitä on ohjattava investointeihin siten, että pitkällä aikavälillä jakelukeskeytysten välttämisestä verkkoyhtiölle koituva taloudellinen etu jakautuu verkko- ja palveluntuottajan kesken.

Menetelmien käyttöönotto

Tilaa ja palveluntuottajamallin kehittyminen on Suomessa vielä kesken, ja tämä heijastuu myös työmenetelmien kehittämiseen. Lisäksi palveluntarjonnan alueellisuus maantieteellisten rajoitteiden takia vaikeuttaa markkinaohjautuvaa toiminnan kehittymistä. Rajoitteet hidastavat myös KAT-menetelmien hintojen kehittymistä, mikä havaittiin yhtenä hidasteena uusien työmenetelmien käyttöönotolle yhtiöissä.

Taloudellisen edun saavuttamiseen jännitettyömenetelmillä vaaditaan menetelmien tehokas käyttöönotto. Sen on oltava kokonaisvaltainen prosessi, jossa perehdytys ja tietoisuus menetelmien käyttömahdollisuuksista viedään läpi tilaus-toimitusketjun – aina johtotasolta lähtien. Käytännöille on myös laadittava ohjeistus.

Tekniset edellytykset

Nykyisin KAT-menetelmiä käytetään lähinnä ilmajohtoverkon töihin. Verkon tekniset rajoitteet olisi huomioitava varsinkin uutta verkkoa suunniteltaessa ja rakennettaessa. Uuden verkon rakenteen tulee mahdollistaa KAT-menetelmien käyttö. Jos KAT-menetelmiä tukevia komponentteja ei ole, niitä on kehitettävä. Menetelmien käyttömahdollisuuksia tulisi tutkia etenkin maakaapeliverkon töissä.

Menetelmien kehittäminen

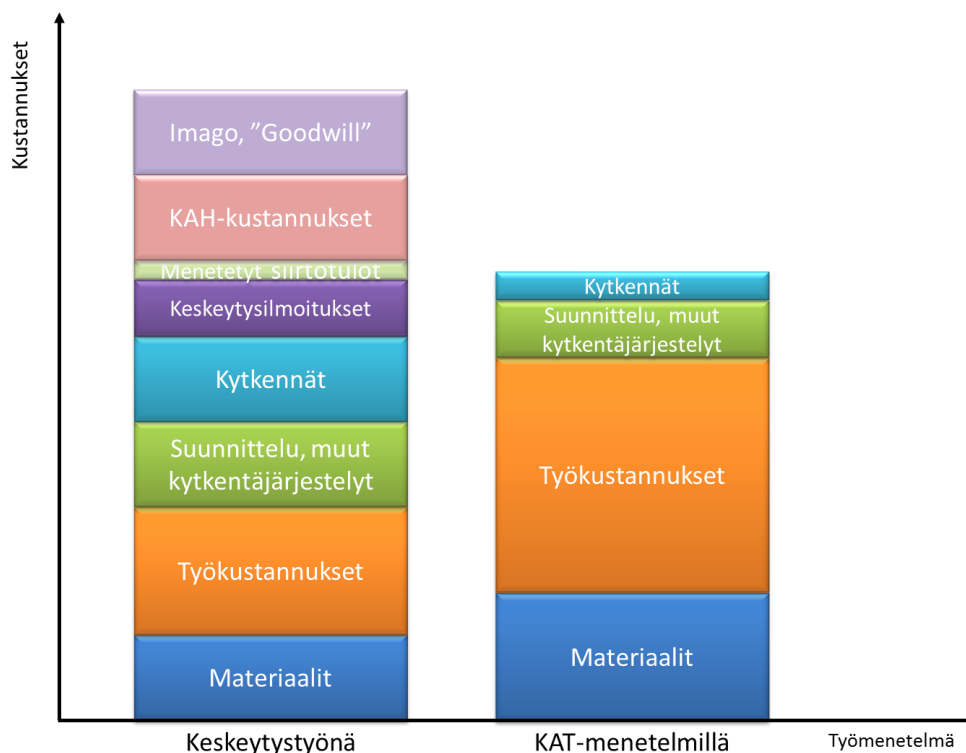
Kansallinen sähkötyöturvallisuusstandardi [12] antaa edellytykset jännitetyöhön muillakin jännitetyömenetelmillä kuin eristävillä sauvoilla. Myös käsinetyö ja työskentely kohteen potentiaalissa ovat sisällytetty standardiin. Suomessa näitä menetelmiä ei kuitenkaan käytetä. Ruotsissa ja Norjassa, sekä monissa muissa Euroopan maissa menetelmät ovat käytössä yhdessä sauvamenetelmän kanssa. Uusien menetelmien tuominen nykyisten KAT-menetelmien rinnalle voi lisätä nykyisten menetelmien käytettävyyttä. Niillä voitaisiin myös ratkaista osa nykyisistä työmenetelmiin liittyvistä teknisten rajoitteiden asettamista ongelmista. Työmenetelmät vaativat kuitenkin todellista sitoutumista jännitetyöhön: Niiden vaatimat suuret alkuinvestoinnit, kuten eristävän henkilönosturijoneuvon hankkiminen, on tehtävä pitkällä aikavälillä kannattavaksi töiden tilausmäärää kasvattamalla.

Kansainvälinen yhteistyö

Kansainvälinen selvitys osoitti, että muista maista on opittavaa. Kansainvälisen – ja etenkin pohjoismaisen yhteistyön tarjoamat mahdollisuudet olisi hyödynnettävä. Yhteistyö muiden Pohjoismaiden kanssa edesauttaisi menetelmiin liittyvien ongelmien ratkaisemista. Kansallinen yhtiöiden välinen yhteistyö KAT-menetelmien osalta on kuitenkin ensin saatettava alulle.

8.2 Taloudellinen tarkastelu

Työtä varten tehdyn taloudellisen tarkastelun perusteella voidaan todeta, että KAT-menetelmillä on niille soveltuvissa kohteissa mahdollista saavuttaa merkittävää taloudellista etua keskijänniteverkon töissä. Taloudellinen etu saadaan suurelta osin KAH-kustannuksissa sekä keskeytysjärjestelyissä, kuten verkon kytkentätilamuutosten tekemisessä. Vastaavasti työkustannukset kohteessa, materiaalit ja työvälineet tuovat KAT-menetelmillä lisäkuluja. Kuvassa 24 on verrattu keskeytystyön ja KAT-menetelmien kustannuksia työssä tehtyjen viiden esimerkkilaskelman perusteella. Keskeytysten vaikutusta yrityskuvaan on vaikea arvioida rahallisesti.



Kuva 24: Työmenetelmien taloudellinen vertailu. Kustannuslaskelmissa tulee määrittää kokonaishyöty ja kaikki siihen vaikuttavat tekijät.

Valvontamallin kautta saatava taloudellinen hyöty näyttää laskelmien perusteella olevan jo nyt riittävä kannustamaan verkkoyhtiöitä laajentamaan KAT-menetelmien käyttöä. KAH-kustannusten vaikutus tulee kuitenkin todeta yhtiökohtaisesti. Materiaali- ja työvälinekustannusten voidaan odottaa laskevan, kun menetelmien käyttö yleistyy. Osamisen kehittyminen taas nopeuttaa töiden tekemistä ja alentaa työkustannuksia.

8.3 Jatkotutkimuksen tarve

Työssä havaittiin mahdollisia jatkotutkimusta vaativia kohteita. Esille tuli muun muassa tarve kapasitiivisen varausvirran vaikutusten selvittämiseen maakaapeleissa.

Kytettäessä maakaapelia jännitteeseen verkkoon vaihe kerrallaan, syntyy yhden vaihejohtimen kytkemisen jälkeen kaapeliin kapasitiivinen varaus, joka purkautuu kytkettäessä muut vaihejohtimet. Ilmiö rajoittaa kaapelien pituutta ja poikkipinta-alaa, sillä kapasitiivinen varausvirta aiheuttaa ongelmia verkossa. Yksinkertaista ratkaisua ongelmien estämiseksi ei ole, ja aihe vaatii lisätutkimusta. Tarvetta tutkimukselle on maakaapelien jännitteeseen verkkoon kytkemisen reunaehtojen selvittämiseksi. Aiheesta voisi teettää diplomityön.

Haastatteluissa ilmeni myös tarve järjestelmien kehittämiseen KAT-menetelmiä tuke-
vaksi. Tiedon siirtyminen palveluyhtiön ja verkkoyhtiön välillä on osin haasteellista.
Yhtiöt eivät usein käytä samaa järjestelmää, jolloin tiedon siirtyminen yhtiöstä toiseen
tapahtuu paperimuodossa. Palveluyhtiö joutuu usein käyttämään useaa järjestelmää ja
syöttämään tiedot niihin jokaiseen. Kommunikaation ja tiedonsiirron haasteita esiintyy
erityisesti tilanteessa, jossa käytetään ulkoista palveluntarjoajaa, kun järjestelmät ovat
täysin erillään. Tiedon siirtyminen ja järjestelmien yhteensopivuus yhtiöiden välillä voi
vaatia jatkotutkimusta.

Työmenetelmien jatkokehittäminen ja käytön laajentaminen vaatii myös yhteistyötä
laitevalmistajien kanssa. Nykyisin suhde laitevalmistajan ja laitteita käyttävän tahon
välillä on ongelmallinen. Kommunikaatio näiden tahojen välillä on vähäistä, eikä laittei-
tä välttämättä kehitetä vastaamaan käyttäjän tarpeita. Tilanne vaatii kehittämistä.

9 Yhteenveto

Tässä diplomityössä selvitettiin jakelukeskeytyksettömien työmenetelmien, eli KAT-menetelmien, nykytilaa, taloudellisia vaikutuksia ja kehittämiskohtia. Selvitys tehtiin Suomessa verkko- ja palveluntuottajayhtiöitä sekä muita sähköverkkotoimijoita haastatteleamalla. Kotimaisen selvityksen lisäksi kartoitettiin työmenetelmiä muissa Pohjoismaissa ja Euroopassa.

Keskeytyksiä aiheuttamattomien työmenetelmien kehittäminen hyödyttää koko toimialaa. Työmenetelmien käytöstä hyötyvät myös sähkönkäyttäjät asiakaskeskeytystuntien vähentymisen ja sähköntoimituksen luotettavuuden parantumisen kautta.

Lisäämällä KAT-menetelmien käyttöä halutaan vaikuttaa myös työn tekemisen turvallisuuteen. Töiden tekeminen jakelukeskeytyksettömänä nähtiin haastatelluissa yhtiöissä joko yhtä turvallisena tai turvallisempaa kuin perinteinen erotustyö. Suuri osa sähkötapaturmista ja ”läheltä piti”-tilanteista sähköverkkotöissä aiheutuu siitä, että jännitteen luullaan olevan poiskytketty kun näin ei todellisuudessa ole.

Työssä on koottu haastateltujen yhtiöiden näkemyksiä KAT-menetelmien nykytilasta ja kipupisteistä. Haastatteluissa havaittiin työmenetelmille teknisiä ja taloudellisia rajoitteita. Tärkeimpänä esteenä menetelmien käytölle nähtiin asenteiden juurtuneisuus vanhoihin toimintatapoihin. Haastattelussa ilmeni myös haasteita tilaus-toimitusketjun kommunikaatiossa, tiedon siirtymisessä ja henkilöstön perehtyneisyydessä KAT-menetelmiin. Näiden huomioiden pohjalta on esitetty keinoja, joilla yhtiöt voivat edistää KAT-menetelmien käyttöä omassa organisaatiossaan.

Työtä varten laadittiin esimerkkilaskelmat tyypillisistä jakeluverkon töistä, joissa voidaan käyttää KAT-menetelmiä. Laskelmissa on vertailtu erotustyön ja KAT-menetelmien kustannuksia. Vertailluissa töissä havaittiin, että työn tekemisen kustannukset voivat KAT-menetelmillä olla suuremmat kuin erotustyössä, mutta kokonaiskustannuksissa KAT-menetelmillä voidaan saavuttaa merkittävää taloudellista hyötyä. Eriyisesti tilanteissa, joissa työn vaikutusalueella on kriittisiä asiakkaita tai suuri kulutus, saavutetaan KAT-menetelmillä taloudellinen etu. Laskelmat ovat suuntaa-antavia, mutta yhtiöiden tulee tehdä omat laskelmat kustannusten selvittämiseksi omassa toimintaympäristössään.

Verkkoyhtiöiden suunnittelun tueksi tehtiin Excel-laskentapohja, jota voidaan hyödyntää töiden suunnittelussa arvioimaan KAT-menetelmien taloudellista hyödyntämistä eri työkohteissa.

LÄHTEET

- [1] Lohjala J. *Haja-asutusalueiden sähkönjakelujärjestelmien kehittäminen – erityisesti 1000 V jakelujännitteen käyttömahdollisuudet*. Lappeenranta, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2005. ISBN 952-214-020-1.
- [2] SFS-EN 50160. *Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkönn jänniteominaisuudet*, 4. painos. Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2011.
- [3] Keskeytystilasto-ohje 2005, Helsinki, Adato Energia Oy.
- [4] Keskeytystilasto 2009, Helsinki, Adato Energia Oy.
- [5] Verkko- ja palveluyhtiöiden haastattelut, 2012. Haastatellut yhtiöt ja henkilöt on eritelty liitteessä A.
- [6] Sähkömarkkinalaki 386/1995
- [7] *Sähkönn jakeluverkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden arvioinnin suuntaviivat vuosille 2005–2007*, 2004, Energiamarkkinavirasto.
- [8] Järventausta P., Mäkinen A., Nikander A., Kivikko K., Tampereen teknillinen yliopisto, Partanen J., Lassila J., Viljainen S., Honkapuro S., Lappeenrannan teknillinen yliopisto, *Sähkönn laatu jakeluverkkotoiminnan arvioinnissa*, Energiamarkkinaviraston julkaisuja 1/2003.
- [9] Hänninen M., *Investointi- ja laatu-kannustin hinnoittelun kohtuullisuuden valvonnassa 2012-2015*. Energiamarkkinavirasto, 2011. Viitattu 9.7.2012. Saatavilla:
http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Martti%20H%C3%A4nninen_Investointi_Laatu-kannustin.pdf.
- [10] Energiamarkkinaviraston haastattelu. Haastatellut henkilöt on eritelty liitteessä B.
- [11] *Valvontamenetelmät sähkönn jakeluverkkotoiminnan ja suurjännitteisen jakeluverkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden arvioimiseksi 1.1.2012 alka-
 valla ja 31.12.2015 päättyvällä kolmannella valvontajaksolla*. Energia-
 markkinavirasto, 2011.

- [12] SFS-EN 6002. *Sähköturvallisuus*, 2. painos. Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2005.
- [13] SFS-EN 61230. *Jännitetyöt. Siirrettävät työmaadoitusvälineet tai työmaadoitus- ja oikosulkuvälineet*, 2. painos. Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2009.
- [14] JT-Millennium, Antti Pitkänen. Haastattelu 29.6.2012.
- [15] JT-Millennium, Antti Pitkänen. Saatu verkkomateriaali.
- [16] Energiateollisuus ry. *Ohjeet koneelliseen oksintaan sekä puun poistoon sähkölinjalta*. Viitattu 10.9.2012. Saatavissa:
http://energia.fi/sites/default/files/ohje_koneelliseen_oksintaan_kaytonjohtajat.pdf.
- [17] Niittymäki M. *Sähkölinjan työmaadoittaminen puunpoistotilanteessa*. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 2011.
- [18] Partanen J. et al. *Sähkönjakelun toimitusvarmuuden kriteeristö ja tavoitetasot*. Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Tampereen teknillinen yliopisto, 2010.
- [19] A & P Lundberg Oy FinGen, lupa pyydetty. Viitattu 2.11.2012. Saatavilla:
http://www.fingen.fi/index_tiedostot/image014.jpg.
- [20] Kaarlela M. *Kaapeloinnin kannattavuus Fortum Sähkönjakelun keskijänniteverkossa*. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, 2001.
- [21] Haastattelut Ruotsissa
- [22] Fortum AB, verkkomateriaali.
- [23] Vattenfall Service AB, verkkomateriaali.
- [24] Hastings, http://www.hfgp.com/new_products.htm
- [25] Harald Thomassen, Fortum. Sähköposti- ja puhelinhaastattelu, 2012.
- [26] Hubbell Power Systems Inc. Viitattu 30.10.2012. Saatavana:
<http://www.hubbellpowersystems.com/lineman/transmission/tension-puller-switching-tool.asp>.

- [27] Dütsch K., E.ON Bayern AG, Saksa. *Experiences Using the Rubber Glove Method in 20 kV Networks at E.ON Bayern*, ICOLIM 2006. Viitattu 6.8.2012. Saatavana: http://www.vde.com/de/fg/ETG/Arbeitsgebiete/AuS/icolim2006/1/2006-oeffentlich/Documents/MCMS/etg_1_01.pdf.
- [28] Lubomír V. E.ON Czech Republic, Tsekki. *Introduction of Live Line Working in 22 kV Overhead Line Networks*, ICOLIM 2006. Viitattu 6.8.2012. Saatavana: http://www.vde.com/de/fg/ETG/Arbeitsgebiete/AuS/icolim2006/1/2006-oeffentlich/Documents/MCMS/etg_1_06.pdf.
- [29] Bácskai J., Dobranský J., Východoslovenská energetika a. s., Slovakia. *Live working on 22 kV medium voltage overhead lines in Východoslovenská energetika a. s. Košice*, ICOLIM 2006. Viitattu 6.8.2012. Saatavana: http://www.vde.com/de/fg/ETG/Arbeitsgebiete/AuS/icolim2006/1/2006-oeffentlich/Documents/MCMS/etg_1_12.pdf.
- [30] Dudek B., EPC S.A., Puola. *Live line maintenances in Poland*. Viitattu 6.8.2012. Saatavana: <http://www.leonardo-energy.org/files/root/uie2008/o23.pdf>.
- [31] Makkonen H. et al. *Palvelusuhteiden ja verkostojen johtaminen jakeluverkoliiketoiminnassa*. Turun kauppakorkeakoulu ja Turun yliopisto, 2012.
- [32] Lakervi E. ja Partanen J. *Sähkönjakelutekniikka*. 2. painos. Otatieto Oy julk. 609, Helsinki, 2009.
- [33] Silvast A. et al. *Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva haitta*. Teknillinen korkeakoulu ja Tampereen teknillinen yliopisto, 2005.
- [34] Ensto Finland Oy. Jännitetyötarvikkeiden hinnat.

LIITTEET

Verkko- ja palveluyhtiöiden haastattelut

LIITE A

Tero Kuusisto, Fortum Sähkön siirto Oy, 11.5.2012

Arto Lihavainen ja Juhani Sallinen, Enerke Oy, 5.6.2012

Matti Karhinen, Pohjois-Karjalan Sähkö Oy, 5.6.2012

Harri Salomäki, Santtu Vähäkuopus ja Tapio Janhonen, Elenia Sähköverkko Oy, 11.6.2012

Timo Pekonen, Empower Oy, 12.6.2012

Viljo Pitkänen, Kuopion Energia ja Keijo Kaarnalehto, Kuopion kaupungin kuntatekniikkaliikelaitos, 27.6.2012

Mikko Räbinä ja Kimmo Räbinä, Voimatel Oy, 28.6.2012

Pekka Miettinen, Savon Voima Verkko Oy, 28.6.2012

Pauli Miettinen, Rauno Ristimäki, Nikolas Areva, Keijo Matikainen ja Arto Liikanen, Fortum Sähkön siirto Oy, 3.7.2012

Erkki Kotikangas, Suomen Energia-Urakointi Oy, 10.7.2012

Arto Nieminen, Mika Matikainen, Järvi-Suomen Energia Oy ja Petri Ahonen, Suur-Savon Sähkötyö Oy, 9.8.2012

Markku Tervo, E.ON Kainuun Sähköverkko Oy ja Timo Keränen, Eltel Pohjoinen Oy, 23.8.2012

Jarmo Pohjaranta, Empower Oy, puhelinhaastattelu, 27.8.2012

Hannu Rovio, Eltel Networks Oy, 29.8.2012

Jari Lepistö, Jukka Huhtala, Turku Energia Sähköverkot Oy ja Seppo Palm, Turku Energia Urakointipalvelut, 7.9.2012

Göran Heino, Vaasan Sähköverkko Oy ja Aimo Latvala, Oy RAVERA Ab, 18.9.2012

Heikki Nieminen, Fortum Sähkön siirto Oy, puhelinhaastattelu, 26.9.2012

Kansainväliset ja muut haastattelut

LIITE B

Kansainväliset haastattelut

Ingemar Persson, Fortum AB, Tukholma, Ruotsi, 20.9.2012

Hans Rocklov, Vattenfall Service AB, Nyköping, Ruotsi, 21.9.2012

Harald Thomassen, Fortum AB, sähköpostihaastattelu

Muut haastattelut

Antti Pitkänen, JT-Millennium Oy, 29.6.2012

Martti Hänninen, Matti Ilonen ja Tiina Karppinen, Energiamarkkinavirasto, 3.9.2012

Haarajohdon kytkentä

LIITE C 1

	Jännitetyönä				Keskeytystyönä					
	Normaalityöaika				Normaalityöaika				Muuna aikana	
	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannus et [€]	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannus et [€]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannus et [€]
Verkkoystiö:										
Verkostosuunnittelu	0,25		70	17,5	0,25		70	17,5	70	17,5
Keskeytyksen järjestäminen				0	1		70	70	70	70
Keskeytysilmoitukset, 0,7 €/kpl				0				35		35
Kytkentäsuunnittelu	0,5		70	35	1		70	70	70	70
Valvomo työ	0,25		70	17,5	0,25		70	17,5	70	17,5
Yhteensä				70				210		210
Palveluntuottaja:										
Maastosuunnittelu	0,25		50	12,5	0,25		50	12,5	50	12,5
Työsuunnittelu	0,5		50	25	0,5		50	25	75	37,5
Kytkentäpyyntö	0,25		50	12,5	0,25		50	12,5	75	18,75
Kytkenät	0,5		50	25	2,5		50	125	75	187,5
Materiaalit				289				162		162
Esivalmistelut	1		50	50	1		50	50	75	75
Asennus	1,5		50	75	0,75		50	37,5	75	56,25
Ajoneuvot		2	35	70		2	25	50	25	50
Konetyö			50	0			50	0	75	0
Työvälineet ja koulutus				73						
Yhteensä				632				474,5		599,5
KAH-kustannukset:			välitulos:	702				684,5		809,5
Laatukannustin				0				68,97037		68,97037
Tehostamiskannustin				0				68,97037		68,97037
Menetetyt siirtotulot								0,9589041		0,9589041
Kokonaiskustannukset				702				822,44074		947,44074

Erofinhuolto

LIITE C 2

	Jännitetyönä				Keskeytystyönä					
	Normaalityöaika				Normaalityöaika				Muuna aikana	
	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannus et [€]	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannus et [€]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannus et [€]
Verkkoyhtiö:										
Verkostosuunnittelu	0,25		70	17,5	0,25		70	17,5	70	17,5
Keskeytyksen järjestäminen				0	1		70	70	70	70
Keskeytysilmoitukset, 0,7 €/kpl				0				35		35
Kytentäs suunnittelu	0,5		70	35	1		70	70	70	70
Valvomo työ	0,25		70	17,5	0,25		70	17,5	70	17,5
Yhteensä				70				210		210
Palveluntuottaja:										
Maastosuunnittelu	0,25		50	12,5	0,25		50	12,5	50	12,5
Työsuunnittelu	0,5		50	25	0,5		50	25	75	37,5
Kytentäpöpyntö	0,25		50	12,5	0,25		50	12,5	75	18,75
Kytennät	0		50	0	2,5		50	125	75	187,5
Esivalmistelut	1		50	50	0,5		50	25	75	37,5
Asennus	5		50	250	4		50	200	75	300
Ajoneuvot		2	25	50		2	25	50	25	50
Kone työ			50	0			50	0	75	0
Työvälineet ja koulutus				131						
Yhteensä				531				450		643,75
KAH-kustannukset:			välitulos:	601				660		853,75
Laatukannustin				0				129,191		129,191
Tehostamiskannustin				0				129,191		129,191
Menetetyt siirtotulot								1,9178082		1,9178082
Kokonaiskustannukset				601				918		1112

LIITE C 3
JT-erotuskohdan rakentaminen

	Jännitetyönä				Keskeytystyönä					
	Normaalityöaika				Normaalityöaika				Muuna aikana	
	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]
Verkkoyhtiö:										
Verkostosuunnittelu	1		70	70	1		70	70	70	70
Keskeytyksen järjestäminen				0	1		70	70	70	70
Keskeytyksilmoitukset, 0,7 €/kpl				0				35		35
Kytkentäsuunnittelu	0,5		70	35	1		70	70	70	70
Valvomo työ	0,25		70	17,5	0,25		70	17,5	70	17,5
Yhteensä				122,5				262,5		262,5
Palveluntuottaja:										
Maastosuunnittelu	1		50	50	1		50	50	50	50
Työsuunnittelu	1		50	50	1		50	50	75	75
Kytkentäpyyntö	0,25		50	12,5	0,25		50	12,5	50	12,5
Kytkenät	1		50	50	2,5		50	125	75	187,5
Esivalmistelut	2		50	100	1		50	50	75	75
Asennus	4		50	200	2		50	100	75	150
Ajoneuvot		2	35	70		2	35	70	35	70
Kone työ				0				0		0
Työvälineet ja koulutus				160						
Yhteensä				692,5				457,5		620
KAH-kustannukset:			välitulos:	815				720		882,5
Laatukannustin				0				129,191		129,191
Tehostamiskannustin				0				129,191		129,191
Menetetyt siirtotulot								1,9178082		1,9178082
Kokonaiskustannukset				815				978,38201		1140,882

Pylväänvaihto

LIITE C 4

	Jännitetyönä				Keskeytystyönä					
	Normaalityöaika				Normaalityöaika				Muuna aikana	
	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]
Verkkoyhtiö:										
Verkostosuunnittelu	0,5		70	35	0,5		70	35	70	35
Keskeytyksen järjestäminen				0	1		70	70	70	70
Keskeytyksilmoitukset, 0,7 €/kpl				0				35		35
Kytkentäsuunnittelu	0,5		70	35	1		70	70	70	70
Valvomotyö	0,25		70	17,5	0,25		70	17,5	70	17,5
Yhteensä				87,5				227,5		227,5
Palveluntuottaja:										
Maastosuunnittelu	0,5		50	25	0,5		50	25	50	25
Työsuunnittelu	1		50	50	1		50	50	75	75
Kytkentäpyyntö	0,25		50	12,5	0,25		50	12,5	75	18,75
Kytkenät	1		50	50	2,5		50	125	75	187,5
Esivalmistelut	2		50	100	1		50	50	75	75
Asennus	6		50	300	4		50	200	75	300
Ajoneuvot		2	25	50		2	25	50	25	50
Konevyö		4	75	300		3	75	225	75	225
Työvälineet ja koulutus				154						
Ajoneuvot				1041,5				737,5		956,25
Konevyö				1129				965		1183,75
KAH-kustannukset:			välitulos:							
Laatukannustin				0				249,63227		249,63227
Tehostamiskannustin				0				249,63227		249,63227
Menetetyt siirtotulot								3,8356164		3,8356164
Kokonaiskustannukset				1129				1464,2645		1683,0145

LIITE C 5
Haarajohdon verkostotyö varavoima avulla. Kahden pylvään vaihto samalla lähdöllä.

	KAT				Keskeytystyö					
	Normaalityöaika				Normaalityöaika				Muuna aikana	
	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]	Mies-tunnit [h]	Kone-tunnit [h]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]	Tunti-hinta [€/h]	Kustannukset [€]
Verkkoyhtiö:										
Verkostosuunnittelu	1		70	70	1		70	70	70	70
Keskeytyksen järjestäminen				0	1		70	70	70	70
Keskeytysilmoitukset, 0,7 €/kpl				0				70		70
Kytkentäsuunnittelu	1		70	70	2		70	140	70	140
Valvomotyö	0,25		70	17,5	0,5		70	35		35
Yhteensä				157,5				385		385
Palveluntuottaja:										
Maastosuunnittelu	1		50	50	1		50	50	50	50
Työnsuunnittelu	2		50	100	2		50	100	75	150
Kytkentäpyyntö	0,25		50	12,5	0,5		50	25	75	37,5
Kytkennät	1		50	50	2		50	100	75	150
Esivalmistelut	2		50	100	2		50	100	75	150
Asennus	8		50	400	8		50	400	75	600
Varavoiman asennus				50				0	75	0
Varavoiman käyttö		4	100	400				0	75	0
Siirto kuorma-autolla		4	100	400				80	80	80
Ajoneuvot		2	35	70		2	25	50	25	50
Kone työ		7	75	525		7	75	525	75	525
Työvälineet ja koulutus				256						
Yhteensä				2763,5				1350		1712,5
KAH-kustannukset:			välttös:	2921				1735		2097,5
Laatukannustin				0				981,0296305		981,0296305
Tehostamiskannustin				0				981,0296305		981,0296305
Menetetyt siirtotulot								14,57534247		14,57534247
Kokonaiskustannukset				2921				3697,059261		4059,559261

ENSTO SEKKO OY jännitetyövälineet

LIITE D

Puhelin 0204 7621/Paula Ikonen

Telefax 0204 76 2771

OHJELUETTELO JT-MILLENNIUM

JÄNNITETYÖVÄLINEET		SSTL No	EAN-nro	kpl
KYTKENTÄTYÖVÄLINEET				
CT 48.64	asennussauva 1,8-7,5 m (sis. suojaussin)	64 072 97	6418677408793	1
CT 45.12	iatkokappale asennussauvaan 1,2 m	64 140 23	6418677409301	1
CT 60.50	työkalusauva teleskooppi 1,53/5,0 m	64 100 64	6418677409462	1
CT 11.490	suojaussin edell.	64 140 22	6418677409202	1
CT 46	apukannatin 0,7 m	64 140 25	6418677409325	3
CT 46.1	suojaussin apukannattimille (3 kpl)	64 140 26	6418677409332	1
CT 53	kipinälevy	64 140 33	6418677409400	1
CT 57	teräsharja V-malli	64 140 37	6418677409431	1
CT 8.30	johdinleikkuri (sis. suojaussin) 3,0 m	64 140 20	6418677409592	1
CT 74	johtimenpidin 2,4 m	64 140 90	6418677409578	1
CT 7.260	suojaussin edell.	64 140 17	6418677409547	1
CT 59	vaihtokärki työkalusauvaan 90 ast.	64 140 39	6418677409448	1
CT 7.261	vaihtokärki asennussauvaan (yleisadapteri)	64 140 18	6418677409554	2
CT 81	kolmijalkatelinepari	64 140 93	6418677409615	1
CT 76	suojaussin, tummennettu	64 140 91	6418677409585	3
SL 30	AI 25-150/AI25-150 jännitetyöliitin	50 431 30	6418677403705	25
EROTINHUOLTO, LISÄVÄLINEET				
CT 45.21	asennussauva 2,1 m			1
CT 55	spay-pullon pidin	64 140 35	6418677409417	1
CT 180	Johdinsuoja 15/25 kV			2
CT 56	narueristin	64 140 36	6418677409424	1
CT 178	Räikkäävain			1
HUOLTOVÄLINEET 1				
CT 80	eristystasomittari sis. välimuuntajan	64 140 92	6418677409608	1
CT 52	puhdistusaine 4,5 l	64 140 31	6418677409394	1
CT 50	puhdistussieni 20 kpl	64 140 29	6418677409356	1
CT 49	JT-sauvavaha 400 g	64 140 28	6418677409349	1
CT 70	silikonipasta 100 g	64 140 48	6418677409561	2
2. TYÖRYHMÄN VARUSTEET, PUOLISARJA				
KYTKENTÄTYÖVÄLINEET 2				
CT 48.64	asennussauva 1,8-7,5 m (sis. suojaussin)	64 072 97	6418677408793	1
CT 45.12	iatkokappale asennussauvaan 1,2 m	64 140 23	6418677409301	1
CT 60.50	työkalusauva teleskooppi 1,53/5,0 m	64 100 64	6418677409462	1
CT 11.490	suojaussin edell.	64 140 22	6418677409202	1
CT 46	apukannatin 0,7 m	64 140 25	6418677409325	3
CT 46.1	suojaussin apukannattimille (3 kpl)	64 140 26	6418677409332	1
CT 53	kipinälevy	64 140 33	6418677409400	1
CT 57	teräsharja V-malli	64 140 37	6418677409431	1
CT 74	johtimenpidin 2,4 m	64 140 90	6418677409578	1
CT 7.260	suojaussin edell.	64 140 17	6418677409547	1
CT 59	vaihtokärki asennussauvaan	64 140 39	6418677409448	1
CT 7.261	vaihtokärki asennussauvaan	64 140 18	6418677409554	2
CT 81	kolmijalkatelinepari	64 140 93	6418677409615	1
CT 76	suojaussin, tummennettu	64 140 91	6418677409585	3
HUOLTOVÄLINEET 2				
CT 52	puhdistusaine 4,5 l	64 140 31	6418677409394	1
CT 50	puhdistussieni 20 kpl	64 140 29	6418677409356	1
CT 49	JT-sauvavaha 400 g	64 140 28	6418677409349	1
CT 70	silikonipasta 100 g	64 140 48	6418677409561	2
TARVITTAESSA				
CT 510	rullasauva	67 725 51	6418677409370	1
CT 510.2	rullasauvan suojaussin	64 011 74	6418677409387	1
CT 86.5	työmaadoituslaite ruuvikir. 5 kA /1s	64 140 95	6418677409622	1
CT 86.8	työmaadoituslaite ruuvikir. 8 kA /1s	64 011 67	6418677409639	1
CT 87.8	työmaadoituslaite jousikir. 8 kA /1s	64 140 96	6418677409646	1
CT 154	Maapiikki työmaad.laite.	64 011 69	6418677409295	1
CT 67/K	jänn.koetin 11-33 kV (yleispää, työkalusauvaan)	64 140 46	6418677409530	1
CT 45.18	iatkokappale asennussauvaan 1,8 m	64 558 09	6418677409318	1

JÄNNITETYÖVÄLINEET		SSTL No	EAN-nro	kpl
PYLVÄÄN VAIHTOVÄLINEET				
CT 5237	Nosto-orisi täydellinen Hastings 5237			1
CT 190.30	Yleissauva kääntyvällä koukulla			2
CT 190.50	Orisisuus			3
CT 162	Leikkuri työkalusauvaan			1
CT 190.63	Sidontarengas Hastings 10-096			2